BnF Gallica

Meunerie et boulangerie / par L. Ammann,... ; introduction par le Dr P. Regnard,...

Source gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France

{BnF Gallica

Ammann, Louis. Auteur du texte. Meunerie et boulangerie / par L. Ammann,... ; introduction par le Dr P. Regnard,.... 1914.

1/ Les contenus accessibles sur le site Gallica sont pour la plupart des reproductions numériques d'oeuvres tombées dans le domaine public provenant des collections de la BnF. Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n°78-753 du 17 juillet 1978 :
- La réutilisation non commerciale de ces contenus ou dans le cadre d'une publication académique ou scientifique est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur et notamment du maintien de la mention de source des contenus telle que précisée ci-après : « Source gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France » ou « Source gallica.bnf.fr / BnF ».
- La réutilisation commerciale de ces contenus est payante et fait l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service ou toute autre réutilisation des contenus générant directement des revenus : publication vendue (à l'exception des ouvrages académiques ou scientifiques), une exposition, une production audiovisuelle, un service ou un produit payant, un support à vocation promotionnelle etc.

CLIQUER ICI POUR ACCÉDER AUX TARIFS ET À LA LICENCE

2/ Les contenus de Gallica sont la propriété de la BnF au sens de l'article L.2112-1 du code général de la propriété des personnes publiques.

3/ Quelques contenus sont soumis à un régime de réutilisation particulier. Il s'agit :

- des reproductions de documents protégés par un droit d'auteur appartenant à un tiers. Ces documents ne peuvent être réutilisés, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l'autorisation préalable du titulaire des droits.
- des reproductions de documents conservés dans les bibliothèques ou autres institutions partenaires. Ceux-ci sont signalés par la mention Source gallica.BnF.fr / Bibliothèque municipale de ... (ou autre partenaire). L'utilisateur est invité à s'informer auprès de ces bibliothèques de leurs conditions de réutilisation.

4/ Gallica constitue une base de données, dont la BnF est le producteur, protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle.

5/ Les présentes conditions d'utilisation des contenus de Gallica sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

6/ L'utilisateur s'engage à respecter les présentes conditions d'utilisation ainsi que la législation en vigueur, notamment en matière de propriété intellectuelle. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment passible d'une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.

7/ Pour obtenir un document de Gallica en haute définition, contacter
utilisation.commerciale@bnf.fr.

Source gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France

CAMPO 1974

Encyclopédie agricole

H 80

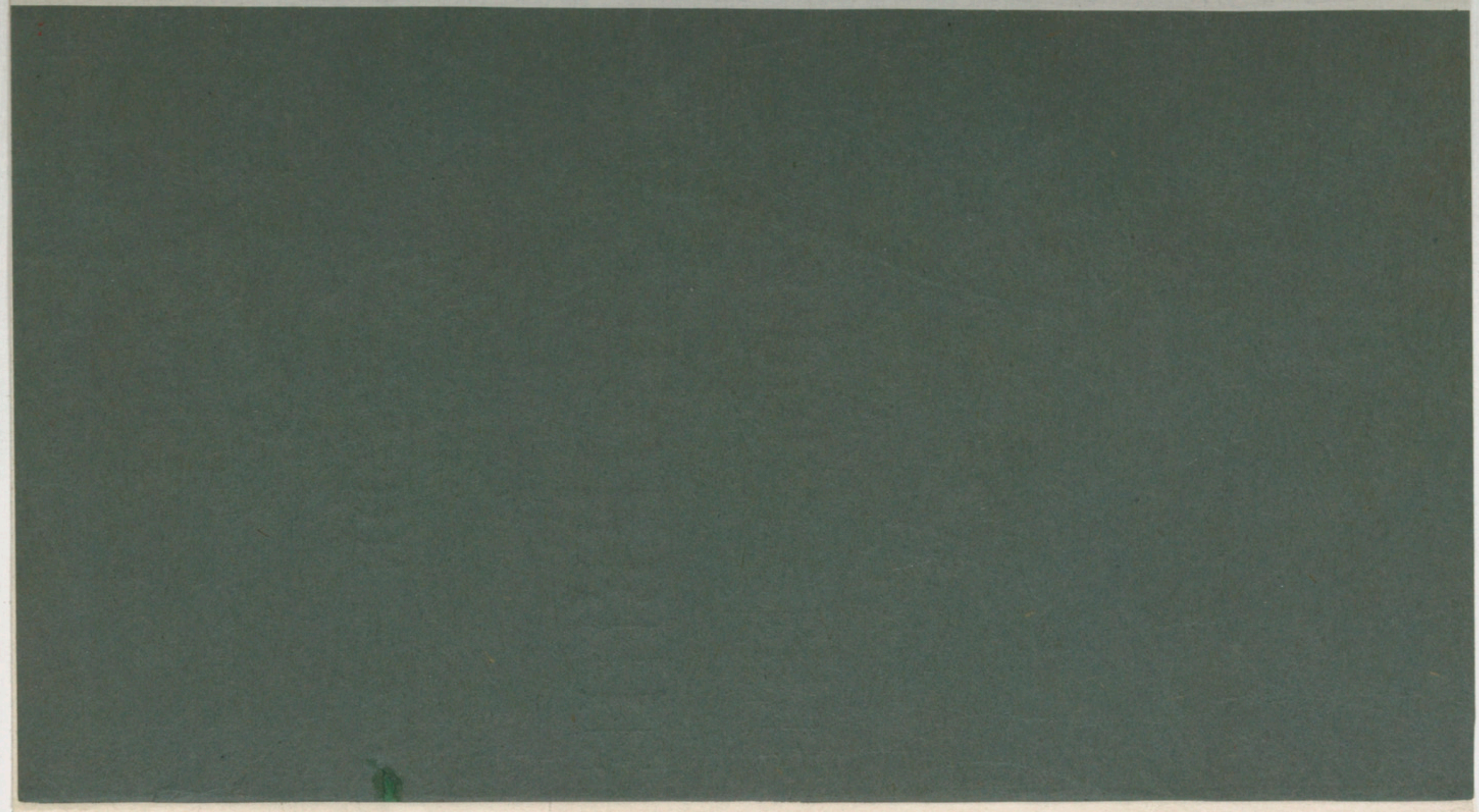
BIBLIOTHÈQUE NATIONALE IMPRIMÉS

L. AMMANN

MEUNERIE

BOULANGERIE

PARIS
J.B. BAILLIÈRE & FILS



ENCYCLOPÉDIE AGRICOLE

AGRICULTURE GÉNÉRALE

Par P. DIFFLOTH
Ingénieur agronome.

3e édition entièrement refondue (7e mille)

Chaque volume se vend séparément :

Broché..... **5** fr. | Cartonné..... **6** fr.

Couronné (Médaille d'or) par la Société nationale d'agriculture,
Adopté par le Ministère de la Guerre pour les Bibliothèques de régiments.

I. — LE SOL ET LES LABOURS

1910, 1 volume in-18 de 540 pages, avec 205 figures ..... **5** fr.

Le volume sur le *Sol et les Labours* expose toutes les questions intéressant le sol : origine, constitution, analyse, préparation et travail. Le *sol* a été considéré, tout d'abord, dans sa formation et dans son triple rôle de support, de réserve alimentaire et de milieu. L'*examen du rôle exercé par le sous-sol sur la production des terres* précède l'*étude des propriétés physiques et chimiques des sols.* Les procédés permettant de se rendre compte de la *productivité des terres et de leur valeur foncière* font l'objet des chapitres suivants : *Analyse physique, mécanique, géologique, chimique.* L'étude des *Rapports de la plante avec le sol* comprend la discussion des causes déterminantes de la fertilité, de la stérilité des terres et l'énumération de sols convenant aux principales plantes.

Ayant déterminé la valeur foncière des terres et les principales cultures qui pouvaient s'y établir, M. DIFFLOTH décrit les procédés susceptibles de développer leur productivité. Les *défrichements, l'amélioration des sols* précèdent l'examen des *procédés de travail et d'ameublissement des terres, quasi-labours, hersages, roulages,* etc., et les méthodes d'*épandage du fumier de ferme, des engrais chimiques et des amendements.*

II. — LES SEMAILLES ET LES RÉCOLTES

1911, 1 volume in-18 de 528 pages, avec 254 figures ..... **5** fr.

Les premiers chapitres de ce volume étudient la *germination* et les données nécessaires à la connaissance exacte de la *constitution des semences,* composition, impuretés, germination, commerce général et fraudes.

La pratique des *semailles* constitue le deuxième chapitre, et successivement sont examinées les diverses préparations que subissent les graines.

Vient ensuite l'étude des travaux aratoires, *binage, hersage, roulage, scarifiage, buttage, élagage, démariage, destruction des plantes nuisibles,* etc.

L'examen de l'époque favorable, de la technique opératoire, la comparaison des divers procédés de moisson constituent les principaux chapitres de la *récolte des produits du sol.* Les *fourrages,* les *céréales,* les *racines,* les *tubercules* sont étudiés à ces divers points de vue, et le côté pratique, technique, économique de chaque méthode est tour à tour envisagé.

Le chapitre de la *conservation des récoltes* expose comment les foins seront bottelés, mis en meules : les céréales disposées au grenier, pelletées, criblées, triées : les racines et tubercules, placés en silos, en celliers, en caves. L'étude des *assolements* termine le volume.

LIBRAIRIE J.-B. BAILLIÈRE ET FILS, 19, RUE HAUTEFEUILLE, A PARIS

Librairie J.-B. BAILLIÈRE et FILS, 19, rue Hautefeuille, Paris

Encyclopédie agricole

Publiée sous la direction de G. WERY

80 volumes in-18 de chacun 450 à 600 pages, illustrés de nombreuses figures
Chaque volume se vend séparément : broché, **5** fr. ; cartonné, **6** fr.

I. — SCIENCES APPLIQUÉES A L'AGRICULTURE

Botanique agricole	MM. Schribaux et Nanot, prof. à l'Inst. agron.
Chimie agricole, 2 vol.	M. André, professeur à l'Institut agronomique.
Analyses agricoles	M. Guillin, dir. du lab. de la S. des agr. de France.
Analyses alimentaires	
Météorologie agricole	M. P. Klein, agr. des sciences phys. ing. agron.
Hydrologie agricole	M. Dienert, ingénieur agronome.
Géologie agricole	M. Cord, professeur spécial d'agriculture.
Zoologie agricole	M. G. Guénaux, chef de travaux à l'Institut agron.
Entomologie et Parasitologie agr.	
Microbiologie agricole	M. Kayser, maître de conf. à l'Institut agronomique.

II. — PRODUCTION ET CULTURE DES PLANTES

Agriculture générale, 2 vol.	M. P. Diffloth, professeur d'agriculture.
Engrais	M. Garola, dir. des serv. agr. d'Eure-et-Loir.
Céréales	
Prairies et plantes fourragères	
Plantes industrielles	MM. Hitier, et de Saint-Maurice.
Cultures potagères	M. Bussard, prof. à l'École d'horticult. de Versailles.
Arboriculture fruitière	MM. L. Bussard et G. Duval.
Sylviculture	M. Fron, inspecteur des eaux et forêts.
Viticulture	M. Pacottet, chef de lab. à l'Institut agron.
Cultures de serres	
Cultures méridionales	MM. Rivière et Lecq, insp. de l'agric., à Alger.
Mal. des plantes cultivées 2 vol.	I. Delacroix. — II. Delacroix et Maublanc.

III. — PRODUCTION ET ÉLEVAGE DES ANIMAUX

Zootechnie générale, 2 vol.	M. P. Diffloth, professeur d'agriculture.
— *Races bovines*	
— *Races chevalines*	
— *Moutons, chèvres, porcs*	
— *Lapins, chiens, chats*	
Aviculture	M. Voitellier, maître de conf. à l'Inst. agr.
Apiculture	M. Hommell, professeur d'apiculture
Pisciculture	M. G. Guénaux, chef de travaux à l'Institut agron.
Sériciculture	M. Vieil, insp. de la sériciculture de l'Indo-Chine.
Alimentation des animaux	M. R. Gouin, ingénieur agronome.
Hygiène et maladies du bétail	MM. Cagny, méd. vétér., et R. Gouin.
Hygiène de la ferme	M. P. Regnard et Portier,
Elevage et dressage du cheval.	M. Bonnefont, officier des haras.
Chasse, Élevage du gibier, Piégeage	M. A. de Lesse, ingénieur agronome.

Librairie J.-B. BAILLIÈRE et FILS, 19, rue Hautefeuille, Paris

Encyclopédie agricole

Publiée sous la direction de G. WERY

80 volumes in-18 de chacun 450 à 600 pages illustrés de nombreuses figures

Chaque volume se vend séparément : broché, 5 fr. ; cartonné, 6 fr.

IV. — GÉNIE RURAL

Génie rural	MM. Provost et Rolley, ing. des amél. agric.
Machines agricoles, 2 vol. / *Moteurs agricoles*	M. Coupan, chef de travaux à l'Institut agron.
Matériel viticole / *Matériel vinicole*	M. Brunet, ing. agron. Introduction par M. Viala.
Irrigations et Drainage	MM. Risler et Wery.
Constructions rurales	M. Danguy, Chef de travaux à l'École de Grignon.
Arpentage et Nivellement	M. Muret, professeur à l'Institut agronomique.
Électricité agricole	M. Petit, ingénieur agronome.

V. — TECHNOLOGIE AGRICOLE

Meunerie et Boulangerie	M. Ammann, Prof. à l'École nat. d'agr. de Grignon.
Sucrerie	M. Saillard, prof. à l'Éc. des ind. agr. de Douai.
Brasserie / *Distillerie*	M. Boullanger, chef de Laboratoire à l'Institut Pasteur de Lille.
Pomologie et Cidrerie	M. Warcollier, direct. de la stat. pomol. de Caen.
Vinification	M. Pacottet, chef de lab. à l'Institut agron.
Eaux-de-vie et Vinaigres	MM. Pacottet et Guittonneau.
Laiterie	M. Ch. Martin, anc. dir. de l'École d'ind. laitière.
Conserves de Fruits / *Conserves de Légumes*	M. Rolet, professeur d'Agriculture à Antibes.
L'Industrie et le Commerce des Engrais	Ch. Pluvinage, ingénieur agronome.

VI. — ÉCONOMIE ET LÉGISLATION RURALES

La Valeur de la terre en France.	M. Caziot, ingénieur agronome.
Commerce des Produits agric.	M. Poher, ingénieur agronome.
Économie rurale / *Législation rurale*	M. Jouzier, prof. à l'École d'agriculture de Rennes.
Comptabilité agricole	M. Convert, professeur à l'Institut agronomique.
Le livre de la fermière	Mme O. Bussard.
Comment exploiter un domaine agricole	M. Vuigner, ingénieur agronome.
Précis d'agriculture / *Lectures agricoles* / *Dictionnaire d'agriculture et de viticulture*, 2 vol.	M. Seltensperger, professeur d'agriculture.

LIBRAIRIE J.-B. BAILLIÈRE ET FILS

AGENDA
AIDE-MÉMOIRE
AGRICOLE

Par G. WERY

SOUS-DIRECTEUR DE L'INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE

1 vol. in-18 de 468 pages, en portefeuille maroquin bleu. **3** fr.
Broché. **2** fr.

Que ce soit un homme de science sorti de l'Institut national agronomique, un praticien émérite instruit dans les Écoles nationales d'Agriculture, ou un cultivateur avisé vivant de tradition, l'agriculteur moderne a sans cesse besoin de renseignements qui se traduisent par des chiffres dont les colonnes longues et ardues ne peuvent s'enregistrer dans son cerveau. Aussi lui faut-il un aide-mémoire qui lui puisse apporter instantanément ce qu'il réclame.

Ce Manuel doit lui être présenté sous une forme particulière, celle de l'Agenda *de poche*. C'est peut-être sur son champ même que le cultivateur aura subitement besoin de voir la quantité de grains qu'il doit faire semer, d'engrais qu'il doit faire épandre, de journées d'ouvriers qu'il doit inscrire. C'est ce qu'a bien compris M. G. Wery. Son *Agenda Aide-mémoire* est une œuvre de fine précision scientifique et de solide pratique culturale qu'apprécieront à la fois les cultivateurs et les agronomes.

On trouvera, notamment, dans l'*Aide-mémoire* de M. Wery, des tableaux pour la composition des produits agricoles et des engrais, pour les semailles et rendements des plantes cultivées, la création des prairies, la détermination de l'âge des animaux, de très importantes tables dressées par M. Mallèvre pour le rationnement des animaux domestiques, l'hygiène et le traitement des maladies du bétail, la laiterie et la basse-cour, la législation rurale, les constructions agricoles, enfin une étude très pratique des tarifs de transport applicables aux produits agricoles. A la suite de l'*Aide-mémoire*, viennent des *tableaux de comptabilité* pour les assolements, les engrais, les ensemencements, les récoltes, l'état du bétail, le contrôle des produits, les achats, les ventes et les salaires.

AGENDA
AIDE-MÉMOIRE
VITICOLE
ET VINICOLE

Par G. WERY

1 vol. in-18 de 468 pages, en portefeuille maroquin rouge. **3** fr.
Broché. **2** fr.

ENCYCLOPÉDIE AGRICOLE

Publiée sous la direction de G. WERY

Couronnée par l'Académie des Sciences morales et politiques et par la Société nationale d'agriculture

---

1747

L. AMMANN

MEUNERIE

ET

BOULANGERIE

8°V
38010

Encyclopédie Agricole

Chaque volume : broché, 5 fr.; cartonné, 6 fr.

Botanique agricole	MM. Schribaux et Nanot, prof. à l'Inst. agron.
Chimie agricole, 2 vol.	M. André, prof. à l'Inst. agron.
Géologie agricole	M. Cord, professeur d'agriculture.
Hydrologie agricole	M. Dienert, ingénieur agronome.
Microbiologie agricole	M. Kayser, maître de conf. à l'Inst. agron.
Zoologie agricole	M. G. Guénaux, répétiteur à l'Inst. agronomique.
Entomologie et Parasitologie agric.	
Analyses agricoles, 2 vol.	M. Guillin, dir. du lab. de la S. des agr. de France.
Agriculture générale, 2 vol.	M. P. Diffloth, professeur d'agriculture.
Engrais	M. Garola, dir. des serv. agric. d'Eure-et-Loir.
Céréales	
Prairies et plantes fourragères	
Plantes industrielles	M. Hitier, maître de conf. à l'Inst. agron.
Cultures potagères	M. L. Bussard, prof. à l'Ec. d'hort. de Versailles.
Arboriculture fruitière	MM. L. Bussard et G. Duval.
Sylviculture	M. Fron, inspecteur des eaux et forêts.
Viticulture	M. Pacottet, chef de lab. à l'Instit. agron.
Cultures de serres	
Cultures méridionales	MM. Rivière et Lecq, insp. de l'agric., à Alger.
Maladies des plantes cultivées, 2 vol.	MM. Delacroix et Maublanc.
Zootechnie générale	M. P. Diffloth, professeur d'agriculture.
— *spéciale*	
— *Races bovines*	
— *Races chevalines*	
— *Moutons, Chèvres, Porcs*	
— *Lapins, Chiens, Chats*	
Aviculture	M. Voitellier, maître de conf. à l'Inst. agron.
Apiculture	M. Hommell, professeur d'apiculture.
Pisciculture	M. G. Guénaux, répétiteur à l'Inst. agronomique.
Sériciculture	M. Vieil, insp. de la séricic. de l'Indo-Chine.
Alimentation des animaux	M. R. Gouin, ing. agronome.
Hygiène et maladies du bétail	MM. Cagny, méd. vétér., et R. Gouin.
Hygiène de la ferme	MM. Regnard et Portier.
Élevage et Dressage du Cheval	M. G. Bonnefont, officier des haras
Chasse, Élevage du gibier, Piégeage	M. A. de Lesse, ing. agronome.
Pratique du Génie rural	MM. Rolley, Provost, ing. des amél. agric.
Machines agricoles, 2 vol.	M. Coupan, chef de travaux à l'Inst. agronomique.
Matériel viticole	M. Brunet. Introduction par M. Viala.
Matériel vinicole	
Constructions rurales	M. Danguy, dir. des études de l'École de Grignon.
Arpentage et Nivellement	M. Muret, professeur à l'Institut agronomique.
Drainage et Irrigations	MM. Risler et Wery.
Électricité agricole	M. Petit, ingénieur agronome.
Météorologie agricole	M. Klein, ingén. agronome, docteur ès sciences.
Sucrerie	M. Saillard, prof. à l'École des ind. agr.
Brasserie	M. Boullanger, chef de lab. à l'Inst. Past. de Lille.
Distillerie	
Pomologie et Cidrerie	M. Warcollier, dir. de la stat. pomolog. de Caen.
Vinification	M. Pacottet, chef de lab. à l'Inst. agron.
Eaux-de-vie et Vinaigres	
Laiterie	M. Ch. Martin, anc. dir. de l'École d'ind. lait.
Cons. de Fruits et de Légumes, 2 vol.	M. Rolet, professeur d'agriculture à Antibes
Indust. et Com. des Engrais	M. Pluvinage, ingénieur agronome.
Économie rurale	M. Jouzier, prof. à l'École d'agric. de Rennes.
Législation rurale	
Comptabilité agricole	M. Convert, professeur à l'Institut agronomique.
Commerce des Produits agricoles	M. Poher, insp. commercial à la Cie d'Orléans.
Comment exploiter un dom. agr.	M. Vuignier, ingénieur agronome.
Le Livre de la Fermière	Mme O. Bussard.
Le Livre agricole des Instituteurs	M. Seltensperger, professeur d'agriculture.
Lectures agricoles	
Dictionnaire d'agriculture, 2 vol.	

ENCYCLOPÉDIE AGRICOLE

Publiée par une réunion d'Ingénieurs agronomes

SOUS LA DIRECTION DE G. WERY

BIBLIOTHÈQUE NATIONALE R.F. IMPRIMÉS

MEUNERIE

ET

BOULANGERIE

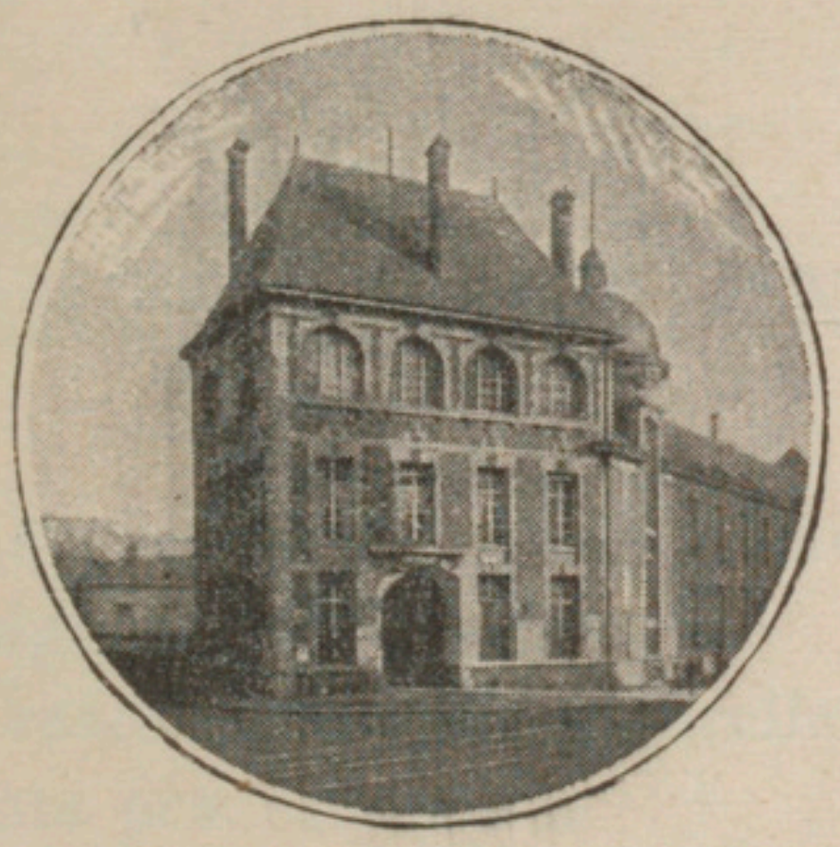
PAR

L. AMMANN

PROFESSEUR A L'ÉCOLE NATIONALE D'AGRICULTURE DE GRIGNON

Introduction par le Dr P. REGNARD

DIRECTEUR DE L'INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE



PARIS

LIBRAIRIE J.-B. BAILLIÈRE ET FILS

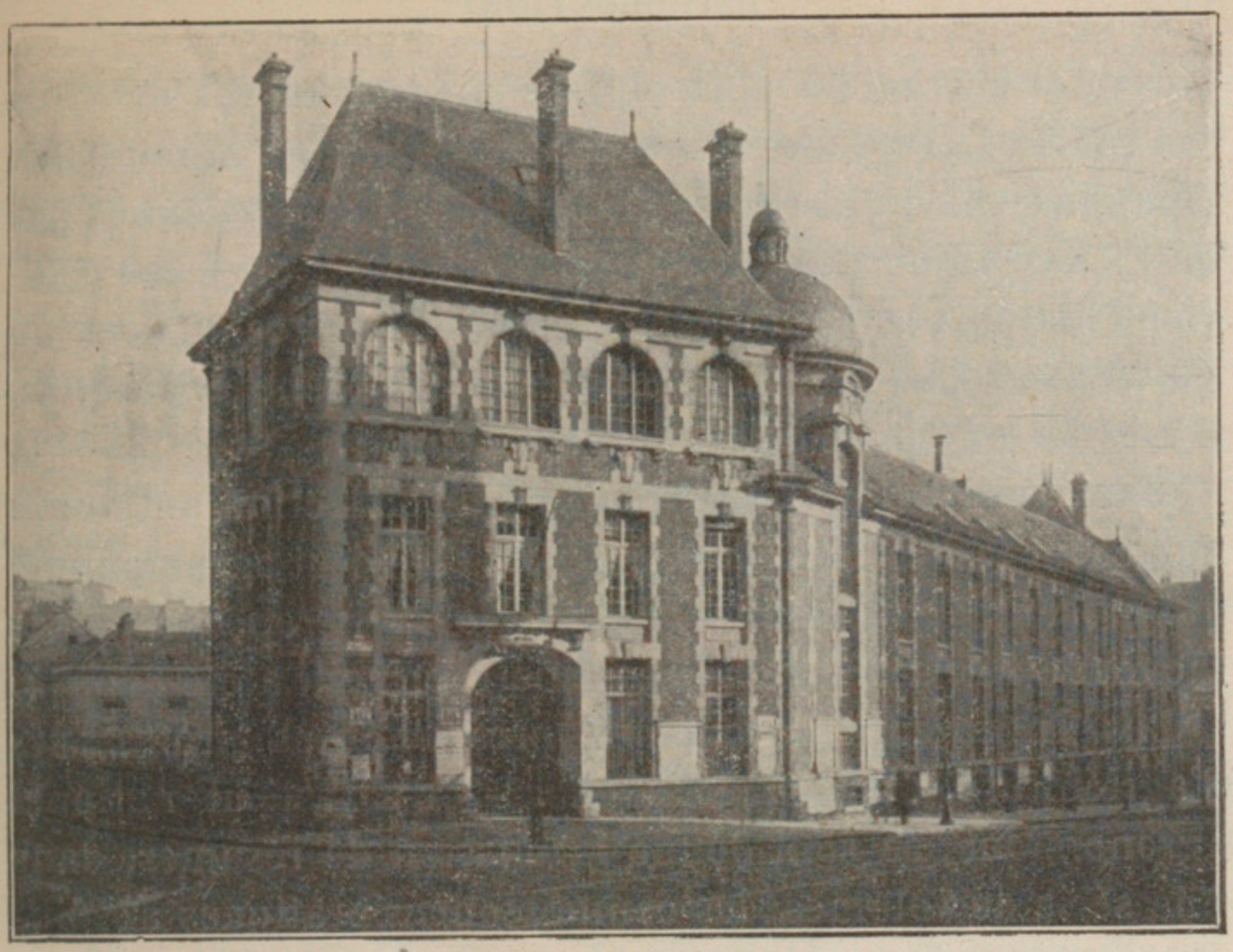
19, rue Hautefeuille, près du boulevard Saint-Germain.

1914

Tous droits réservés.

238583

8° V 38010



L'Institut national agronomique.

INTRODUCTION

Si les choses se passaient en toute justice, ce n'est pas moi qui devrais signer cette préface.

L'honneur en reviendrait plus naturellement à l'un de mes deux éminents prédécesseurs.

A Eugène Tisserand, que nous devons considérer comme le véritable créateur en France de l'enseignement supérieur de l'agriculture : n'est-ce pas lui qui, pendant de longues années, a pesé de toute sa valeur scientifique sur nos gouvernements et obtenu qu'il fût créé à Paris un Institut agronomique comparable à ceux dont nos voisins se montraient fiers depuis déjà longtemps.

Eugène Risler, lui aussi, aurait dû, plutôt que moi,

présenter au public agricole ses anciens élèves devenus des maîtres. Près de douze cents ingénieurs agronomes, répandus sur le territoire français, ont été façonnés par lui : il est aujourd'hui notre vénéré doyen, et je me souviens toujours avec une douce reconnaissance du jour où j'ai débuté sous ses ordres et de celui, proche encore, où il m'a désigné pour être son successeur (1).

Mais, puisque les éditeurs de cette collection ont voulu que ce fût le directeur en exercice de l'Institut agronomique qui présentât aux lecteurs la nouvelle *Encyclopédie*, je vais tâcher de dire brièvement dans quel esprit elle a été conçue.

Des Ingénieurs agronomes presque tous professeurs d'agriculture, tous anciens élèves de l'Institut national agronomique, se sont donné la mission de résumer, dans une série de volumes, les connaissances pratiques absolument nécessaires aujourd'hui pour la culture rationnelle du sol. Ils ont choisi pour distribuer, régler et diriger la besogne de chacun, Georges Wery, que j'ai le plaisir et la chance d'avoir pour collaborateur et pour ami.

L'idée directrice de l'œuvre commune a été celle-ci : extraire de notre enseignement supérieur la partie immédiatement utilisable par l'exploitant du domaine rural et faire connaître du même coup à celui-ci les données scientifiques définitivement acquises sur lesquelles la pratique actuelle est basée.

Ce ne sont pas de simples Manuels, des Formulaires irraisonnés que nous offrons aux cultivateurs ; ce sont de brefs Traités, dans lesquels les résultats incontestables sont mis en évidence, à côté des bases scientifiques qui ont permis de les assurer.

(1) Depuis que ces lignes ont été écrites, nous avons eu la douleur de perdre notre éminent maître, M. Risler, décédé le 6 août 1905, à Calève (Suisse). Nous tenons à exprimer ici les regrets profonds que nous cause cette perte. M. Eugène Risler laisse dans la science agronomique une œuvre impérissable.

Je voudrais qu'on puisse dire qu'ils représentent le véritable esprit de notre Institut, avec cette restriction qu'ils ne doivent ni ne peuvent contenir les discussions, les erreurs de route, les rectifications qui ont fini par établir la vérité telle qu'elle est, toutes choses que l'on développe longuement dans notre enseignement, puisque nous ne devons pas seulement faire des praticiens, mais former aussi des intelligences élevées, capables de faire avancer la science au laboratoire et sur le domaine.

Je conseille donc la lecture de ces petits volumes à nos anciens élèves, qui y retrouveront la trace de leur première éducation agricole.

Je la conseille aussi à leurs jeunes camarades actuels, qui trouveront là, condensés en un court espace, bien des notions qui pourront leur servir dans leurs études.

J'imagine que les élèves de nos Écoles nationales d'agriculture pourront y trouver quelque profit et que ceux des Écoles pratiques devront aussi les consulter utilement.

Enfin c'est au grand public agricole, aux cultivateurs, que je les offre avec confiance, ils nous diront, après les avoir parcourus, si, comme on l'a quelquefois prétendu, l'enseignement supérieur agronomique est exclusif de tout esprit pratique. Cette critique, usée, disparaîtra définitivement, je l'espère. Elle n'a d'ailleurs jamais été accueillie par nos rivaux d'Allemagne et d'Angleterre, qui ont si magnifiquement développé chez eux l'enseignement supérieur de l'agriculture.

Successivement, nous mettons sous les yeux du lecteur des volumes qui traitent du sol et des façons qu'il doit subir, de sa nature chimique, de la manière de la corriger ou de la compléter, des plantes comestibles ou industrielles qu'on peut lui faire produire, des animaux qu'il peut nourrir, de ceux qui lui nuisent.

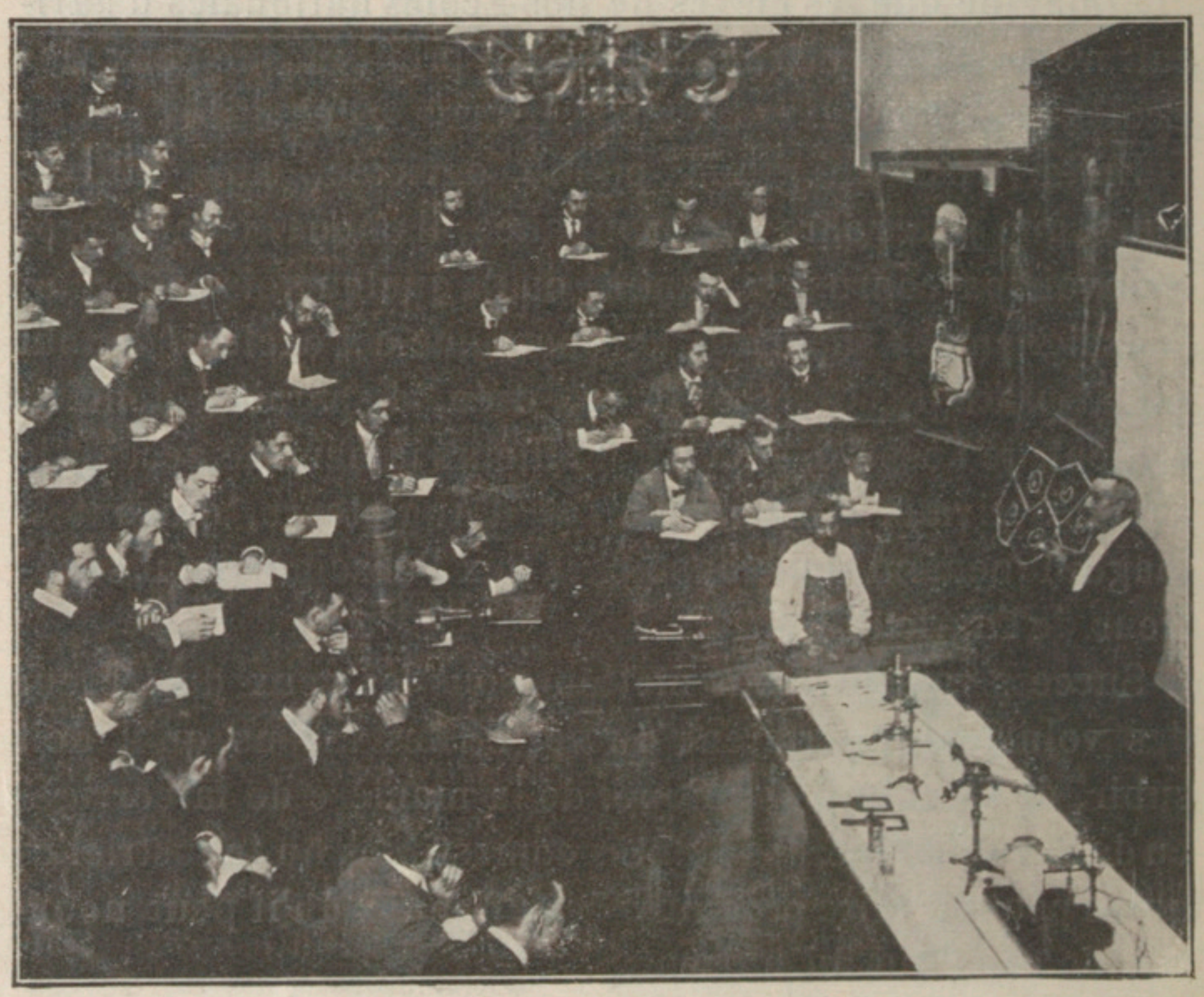
Nous étudions les manipulations et les transformations

que subissent, par notre industrie, les produits de la terre : la vinification, la distillerie, la panification, la fabrication des sucres, des beurres, des fromages.

Nous terminons en nous occupant des lois sociales qui régissent la possession et l'exploitation de la propriété rurale.

Nous avons le ferme espoir que les agriculteurs feront un bon accueil à l'œuvre que nous leur offrons.

Dr Paul Regnard,
Membre de la Société nationale
d'agriculture de France,
Directeur de l'Institut national
agronomique.



Cours de M. Regnard à l'Institut national agronomique.

PRÉFACE

Nous avons eu pour but en écrivant ce livre de tracer en quelque sorte une histoire de la fabrication du pain : nous avons pris comme point de départ la matière première employée pour cette fabrication, c'est-à-dire le grain de froment, et nous l'avons suivi pas à pas dans toutes les transformations qu'il doit successivement subir pour donner de la farine d'abord, et puis ensuite du pain blanc, bien levé et bien cuit.

Le pain est pour l'homme, et surtout pour le Français, un aliment de première nécessité, que l'on consomme également dans toutes les classes de la société. Si le pain revêt des formes quelque peu différentes pour paraître sur la table du bourgeois aisé ou sur celle de l'ouvrier et du paysan, si la forme, la couleur, le goût même de ce pain peuvent se modifier un peu, il n'en est pas moins vrai qu'aucun repas, même le plus délicat, ne se conçoit, dans notre pays, sans une ample provision de pain. Il faut même ajouter que les différences que l'on peut relever entre les diverses qualités de pain, pain de luxe, pain de ménage, pain bis, tendent actuellement à s'atténuer de plus en plus. Les pains grossiers disparaissent; dans les campagnes, la fabrication du pain cesse d'être familiale pour devenir industrielle; bien rares deviennent les fermes où le boulanger ne passe pas chaque jour, apportant la provision de pain blanc ; même le pain du soldat s'est changé en pain blanc. A mesure que l'aisance et le besoin de bien-être se développent, la consommation du pain bis perd de son importance ; chacun veut consommer journellement ce qu'il croit être le meilleur pain, ce pain blanc réservé autrefois au seul riche.

*

C'est donc à obtenir des pains de plus en plus blancs que la Boulangerie s'attache aujourd'hui ; et, par un contre-coup inévitable, la Meunerie, forcée de fabriquer ces farines blanches que la consommation réclame impérieusement, a dû modifier tout son outillage. C'est que le changement de teinte à réaliser dans la farine ne peut être obtenu que si le meunier élimine soigneusement des produits de sa mouture toute parcelle enlevée aux enveloppes du grain. La meule de pierre, que les Anciens nous avaient transmise, meule qui avait été si patiemment perfectionnée au cours des âges, reconnue incapable d'accomplir le nouveau travail qui lui était demandé, a dû disparaître devant ces nouveaux engins de broyage, les cylindres de fonte aciérée, qui nous sont venus de Hongrie, et qui seuls permettent de fabriquer la farine exclusivement avec l'amande des grains de froment.

Cette transformation pratique de nos moulins, qui se traduit par le changement de teinte de notre pain, s'est accompagnée de discussions passionnées entre savants : les uns prétendaient que le nouveau pain était moins nourrissant que l'ancien, et que l'on abandonnait bénévolement pour la nourriture du bétail des éléments azotés et phosphatés qui auraient dû continuer à figurer dans la ration humaine ; les autres établissaient au contraire, par des expériences répétées, que les éléments éliminés par la nouvelle fabrication n'étaient pas assimilables par notre organisme, et que, par suite, la consommation du pain blanc était rationnelle et ne devait pas être traitée comme une fantaisie nuisible et dangereuse. Ces polémiques, qui ont été si ardentes, ne sont encore à la vérité que mal apaisées aujourd'hui.

La farine obtenue, il faut enfin la transformer en pain ; les procédés que suivent encore actuellement nos boulangers ne diffèrent que bien peu des méthodes anciennement pratiquées. Nous connaissons maintenant, mieux qu'autrefois, les phénomènes qui se manifestent et les causes qui les produisent, mais la chimie et la microbiologie modernes n'ont guère fait qu'expliquer les pratiques anciennes, sans les modifier sensiblement. Le seul fait nouveau, considérable il est vrai, que nous ayons à enregistrer dans la fabrication du pain, c'est la

substitution du pétrissage mécanique au pétrissage manuel. Ce changement, réclamé par l'hygiène pour le plus grand bien de l'ouvrier boulanger et pour celui du consommateur, s'impose peu à peu partout, triomphant, lentement à la vérité, de toutes les mauvaises volontés que lui ont si longtemps opposées tous les intéressés, méconnaissant leur véritable bien.

Dès lors, notre étude se déroule de la manière suivante :

Nous examinons tout d'abord le grain du froment lui-même ; les statistiques de production, les variétés cultivées, les altérations du grain et les procédés employés pour sa conservation, ayant été indiqués rapidement, nous recherchons quelles sont les parties du grain à admettre dans le produit consommable de la mouture.

Prévoyant de la sorte le travail à effectuer, nous pouvons alors pénétrer dans le moulin, suivre les différentes phases du nettoyage, puis du broyage. Nous voyons comment on sépare la farine obtenue des sons et des produits incomplètement moulus et susceptibles de fournir encore par un nouveau broyage une nouvelle quantité de farine.

La farine extraite, nous étudions comment elle est composée, comme elle s'altère, comment on la conserve, comment même on la falsifie.

Ensuite vient le travail du boulanger ; nous allons dans le fournil voir pétrir la pâte, et nous expliquons pourquoi cette pâte lève, sous l'action de quels organismes et aux dépens de quels éléments ; nous assistons à la cuisson du pain, à son enfournement dans le four chauffé à point, et à son défournement : voilà notre pain prêt à être consommé. Notre tâche n'est cependant terminée qu'après avoir suivi le pain dans ses modifications après fabrication, dans ses altérations, dans ses falsifications possibles ; enfin, un tableau, groupant à côté les unes des autres les principales denrées qui entrent dans notre alimentation de chaque jour permet de se faire une idée de la valeur de notre aliment fondamental.

Avant de terminer, il nous reste encore un souhait à former : nous avons été instruits dans la science si variée de la Technologie agricole, tout d'abord en suivant les cours professés à l'Institut Agronomique par M. Lindet, et ensuite, pendant

dix années passées dans son laboratoire, en recueillant chaque jour les enseignements donnés au hasard de la causerie, ou provoqués par les travaux auxquels nous avions l'honneur d'être associés ; puisse le Lecteur, en parcourant les pages de ce volume, sentir l'influence du maître si clair, si précis et si vivant dont tous les élèves de l'Institut Agronomique gardent un impérissable souvenir.

L. Ammann,
Mai 1914.

BIBLIOTHÈQUE NATIONALE R.F. IMPRIMÉS

BIBLIOTHÈQUE NATIONALE
R.F.
IMPRIMÉS

MEUNERIE
ET
BOULANGERIE

CHAPITRE PREMIER

INTRODUCTION. STATISTIQUES
VARIÉTÉS DE BLÉS
ALTÉRATIONS ET CONSERVATION DU BLÉ
TRANSPORT DES BLÉS
ET DES PRODUITS DE LA MOUTURE

INTRODUCTION

La meunerie et la boulangerie ne sont pas des industries agricoles ; si le fermier fait quelquefois à la ferme même le pain nécessaire pour la nourriture de son personnel, jamais la farine n'est préparée sur place. Les farines que nous consommons sont toujours fabriquées par des industriels spéciaux, et qui tendent même de plus en plus aujourd'hui à devenir de grands industriels : on pourra donc s'étonner de voir figurer un Traité de Meunerie et de Boulangerie dans une Encyclopédie agricole. Mais le pain est notre aliment fondamental, et chacun doit savoir comment il est préparé ; en outre, les liens qui unissent la meunerie et l'agriculture sont des plus étroits. La matière première de l'industrie qui nous préoccupe est fournie par les graines de diverses céréales, et plus particulièrement par celles du blé ; or, la culture des céréales occupe une place considérable dans la culture française : en 1908, plus de 6 millions et demi d'hectares ont été ensemencés en blé. Que devient cette énorme production ? le cultivateur peut avoir le légitime désir de le savoir ; en outre, l'industrie de la meunerie, en même temps qu'elle fournira des produits consom-

mables pour l'homme, donnera aussi des déchets, inutilisables pour notre alimentation, mais dont les animaux pourront tirer un excellent parti. Il est donc nécessaire que le cultivateur connaisse ces résidus, ces sons, ces recoupettes, ces criblures, etc., qu'il apprécie leur valeur et les ressources qu'il pourra trouver de ce côté; et c'est pourquoi, sans chercher à devenir lui-même boulanger ni meunier, un cultivateur pourra avoir la curiosité de lire un traité de meunerie-boulangerie.

L'art du meunier consiste à mettre sous une forme telle qu'elles deviennent consommables par l'homme, les graines fournies par un assez grand nombre de plantes, appartenant à différentes familles : le froment, le seigle, l'orge, l'avoine, le maïs, le riz, le millet, de la famille des Graminées ; le sarrasin, de la famille des Polygonées ; la fèverolle, de la famille des Légumineuses, etc. Les principales de ces plantes sont toutes désignées sous le même nom de céréales ; leurs graines sont consommées après avoir été réduites, soit en fragments impalpables et constituant des farines, soit en fragments un peu plus grossiers, et désignés sous le nom de semoules. Ces divers produits servent à la confection de pain, de galettes, de semoules pour potages, de pâtes alimentaires, etc. L'emploi le plus important, et de beaucoup, est naturellement la préparation du pain. Il faut noter dès maintenant que le pain, tel que nous le consommons, sous forme d'une pâte levée et légère, ne peut être obtenu qu'au moyen de la farine de froment, ou de blé pour employer le langage courant. Cette propriété particulière que possède la farine de blé de donner une pâte levée est due à la qualité toute spéciale de la matière azotée ou gluten qui se trouve dans le grain de blé, et qui ne se retrouve dans aucune autre graine de céréales. Il est donc naturel que le travail du blé occupe plus particulièrement notre attention, et c'est surtout la mouture du blé qui sera décrite au cours de ce volume.

ORIGINES DES BLÉS. STATISTIQUES

La matière première, le blé, travaillé dans les moulins de France, n'a pas une origine exclusivement nationale ; on importe, chaque année, de différents pays, des quantités de grains

qui doivent parer aux insuffisances de notre récolte, et qui sont par cela même variables chaque année ; on importe également des blés exotiques dont la qualité est différente de celle de nos blés indigènes. La production du blé est, en effet, mondiale, comme le montrent les tableaux suivants (1), qui donnent les quantités récoltées pendant l'année 1909 :

EUROPE.

Russie, Pologne, Caucase	17.400.000	tonnes.
France	9.800.000	—
Autriche-Hongrie	5.100.000	—
Italie	4.000.000	—
Allemagne	3.600.000	—
Espagne	2.800.000	—
Roumanie	1.500.000	—
Grande-Bretagne et Irlande	1.700.000	—
Bulgarie	1.300.000	—
Turquie d'Europe	850 000	—
Belgique	400.000	—
Serbie	400.000	—
Grèce	180.000	—
Portugal	150.000	—
Hollande	110.000	—
Suisse	110.000	—
Danemark	100.000	—
Suède et Norvège	190.000	—
Total	49.690.000	tonnes.

Autres parties du monde.

États-Unis d'Amérique	19.500.000	tonnes.
Indes	6.600.000	—
Argentine	3.800.000	—
Canada	3.700.000	—
Australie	1.500.000	—
Asie Mineure	890.000	—
Algérie	650.000	—
Perse	390.000	—
Chili	560.000	—
Mexique	270.000	—
Syrie	300.000	—
Égypte	340.000	—
Uruguay	220.000	—
Tunisie	180.000	—
Colonie du Cap	80.000	—
Total	38.980.000	tonnes.

(1) FLEURENT, *Le pain de froment.*

On voit par ces chiffres que la France occupe une des premières places parmi les pays producteurs de blé ; l'industrie de la meunerie est également très répandue dans notre pays ; le nombre des minoteries à cylindres était, en France, de 4 946 en 1911, et celui des minoteries à meules, de 4 295. Tous les départements français participent à la production du blé et de la farine, mais la contribution apportée par chacun d'eux est extrêmement différente, comme le montre le tableau suivant, qui donne, pour chaque département, la surface cultivée en froment, la production de grain, et le nombre des minoteries employant les cylindres ou les meules, pour l'année 1911 (*Statistique agricole annuelle*).

DÉPARTEMENTS.	SURFACES en hectares.	PRODUCTION du grain en quintaux.	NOMBRE DE MINOTERIES	
			par cylindres.	par meules.
Ain	86.550	971.100	85	91
Aisne	141.120	2.750.400	76	9
Allier	120.250	1.344.800	116	99
Basses-Alpes	52.680	513.600	15	42
Hautes-Alpes	21.450	184.900	9	78
Alpes-Maritimes	14.250	133.400	1	8
Ardèche	27.710	241.900	17	99
Ardennes	60.620	1.125.100	45	3
Ariège	40.500	218.300	7	5
Aube	86.460	1.485.400	55	3
Aude	30.920	406.900	19	10
Aveyron	83.580	924.400	22	81
Bouches-du-Rhône	38.670	399.500	127	35
Calvados	55.400	842.100	16	33
Cantal	7.630	98.900	7	63
Charente	106.100	1.075.900	143	55
Charente-Inférieure	112.710	1.559.900	91	88
Cher	94.000	1.353.600	109	38
Corrèze	20.750	215.800	11	82
Corse	22.300	147.800	—	2
Côte-d'Or	110.960	1.384.800	63	55
Côtes-du-Nord	105.500	1.398.900	48	67
Creuse	44.760	585.900	76	125
Dordogne	129 480	1.253.400	68	76
Doubs	25.760	401.900	52	26
Drôme	82.510	793.700	57	110
Eure	88 000	1.408.000	91	31
Eure-et-Loir	113.680	2.245.200	72	24
Finistère	59.110	728.200	34	65
Gard	36.160	396.000	12	51
Haute-Garonne	135.000	1.238.000	46	70
Gers	121.060	944.300	45	54
Gironde	63.250	649.600	26	40
Hérault	8.190	104.200	6	14
Ille-et-Vilaine	144.590	1.769.800	65	67
Indre	102.800	1.233.600	77	6
Indre-et-Loir	96.040	1.524.200	134	53
Isère	104.560	1.252 600	76	127
Jura	41.320	566.100	34	7
Landes	31.500	199.100	7	35
Loir-et-Cher	71.240	966.000	80	34
Loire	58.000	604.400	46	—
Haute-Loire	20.940	257.800	39	108
Loire-Inférieure	140.850	1.656.400	143	33
Loiret	98.500	1.462.700	114	18

DÉPARTEMENTS.	SURFACES en hectares.	PRODUCTION du grain en quintaux.	NOMBRE DE MINOTERIES	
			par cylindres.	par meules.
Lot	78.560	740.000	4	18
Lot-et-Garonne	100.000	702.000	45	60
Lozère	10.680	129.900	3	81
Maine-et Loire	141.380	1.433.600	122	24
Manche	51.000	706.900	24	44
Marne	99 800	1.610.800	67	28
Haute-Marne	74.380	916.400	50	12
Mayenne	93.250	1.206.700	71	51
Meurthe-et-Moselle	70.790	848.800	32	13
Meuse	80.530	856.800	38	12
Morbihan	46.700	582.800	40	54
Nièvre	80.800	936.500	103	64
Nord	124.330	3.202.700	104	91
Oise	108.800	2.361.000	76	13
Orne	56.300	725.100	51	31
Pas-de-Calais	142.500	3.001.100	100	55
Puy-de-Dôme	69.500	975.800	56	119
Basses-Pyrénées	45.800	379.200	26	17
Hautes-Pyrénées	33.000	301.000	4	13
Pyrénées-Orientales	2.300	34.100	3	9
Belfort	3.700	57.700	8	1
Rhône	39.810	487.300	56	57
Haute-Saône	60.310	808.800	71	23
Saône-et-Loire	133.110	1.422.906	133	146
Sarthe	79.370	1.105.600	91	43
Savoie	18.980	213.100	49	414
Haute-Savoie	27.900	429 700	17	46
Seine	2.560	52.500	15	4
Seine-Inférieure	100.800	2.002.900	85	38
Seine-et-Marne	117.620	2.452.400	84	4
Seine-et-Oise	93.200	2.430.700	125	24
Deux-Sèvres	121.400	1.822.200	50	45
Somme	128.660	2.744.300	74	29
Tarn	93.000	1.041.600	24	71
Tarn-et-Garonne	80.000	652.800	18	11
Var	28.100	228.500	20	47
Vaucluse	55.440	790.600	45	45
Vendée	147.310	1.781 000	139	59
Vienne	120 250	1.538.000	87	42
Haute-Vienne	58.890	711.400	85	81
Vosges	37.890	489.500	65	24
Yonne	110.600	1.739.900	104	12
Total	6.433.360	87.727.100	4.946	4.295

Pour donner une idée de la variation que ces chiffres peuvent présenter d'une année à l'autre, nous donnons dans le tableau ci-dessous les chiffres totaux pour la période décennale 1902-1911 :

	Surface cultivée (en hectares)	Production (en quintaux).
1902.....	6.563.711	89.240.040
1903.....	6.478.728	98.784.620
1904.....	6.528.898	81.549.340
1905.....	6.509.711	91.128.920
1906.....	6.516.758	89.457.680
1907.....	6.577.469	103.753.000
1908.....	6.564.370	86.188.050
1909.....	6.596.240	97.752.200
1910.....	6.554.370	68.845.900
1911.....	6.433.360	87.727.100
Moyenne.....	6.532.360	89.442.690

IMPORTATIONS ET EXPORTATIONS

Telles sont les ressources que la meunerie française trouve sur notre territoire ; l'appel fait aux pays étrangers varie considérablement d'une année à l'autre, comme le montrent les chiffres d'importations (froment, épeautre, méteil), relatifs aux trois années 1909, 1910 et 1911.

	1909	1910	1911
Angleterre.....	1.733	213.908	301.541
Belgique.....	491	169.928	271.768
Russie.....	24.398	708.437	2.696.695
Allemagne.....	85	740.438	1.411.599
Roumanie.....	105	1.700.875	4.348.194
Bulgarie.....	—	8.520	108.277
Turquie.....	—	—	—
Indes Anglaises.....	241	—	1.061.436
Australie.....	34	333.654	3.944.350
États-Unis.....	2.187	296 276	1.195.722
République Argentine...	154	38.293	3.554.656
Algérie.....	1.134.889	1.573.732	1.689 128
Tunisie.....	178.840	95.192	555.664
Zone franche.....	76.174	97.700	113.405
Autres pays...	9.099	371.638	236.614
Totaux.....	1.428.433	6.348.591	21.499.249

De ces chiffres d'importations, il faut, à la vérité, déduire les chiffres des exportations qui ont été pour la même période de :

	1909	1910	1911
Belgique	31.970	2.465	4.240
Allemagne	1.125	382	398
Suisse	5.274	1 254	1.085
Algérie	28.247	7.757	278
Tunisie	114.885	—	—
Zone franche	669	302	236
Autres pays	2.139	1.309	1.227
Totaux	184.309	13.469	7.464

ADMISSIONS TEMPORAIRES

Enfin, pour compléter ces tableaux, il faut encore signaler que le grain moulu dans nos moulins peut provenir d'une troisième origine : nous voulons parler des blés qui entrent en France en admission temporaire, et qui, ou bien sont exportés à nouveau à l'état de produits manufacturés, ou bien entrent dans la consommation française après acquittement des droits. Les quantités que représentent ces admissions temporaires ont été :

En 1911 de	8.194.582 quintaux.
En 1910 de	6.294.792 —
En 1909 de	5.171.238 —

Bien que la mouture du blé nous préoccupe seule, nous donnerons cependant les chiffres de la production moyenne des autres céréales pour la période décennale 1902-1911 (en quintaux) :

Méteil	1.773.600 quintaux.
Seigle	13.219.050 —
Orge	9.528.800 —
Avoine	47.898.250 —
Sarrasin	4.756.890 —
Maïs	5.762.590 —

Principales variétés de blé. — Les blés que nous verrons travailler dans les moulins appartiennent à un grand nombre de variétés : blés d'automne, d'origine indigène (Blé bleu ou de Noé ; Blé gris de Saumur ; Blé de Bergues ; Blé de Crépy ; Blé Roseau ; Blé Dattel; Blé de Bordeaux), ou blés d'automne provenant d'Angleterre et acclimatés en France (Kessingland, Goldendrop, Browick, Chiddam), ou bien blés de printemps (Blé rouge de Brie, Blé blanc Chiddam, Blé rouge de Saint-Laud, Blés du Midi de la France et Blés d'Algérie : Touzelle de Provence, Richelle blanche de Naples, Xérès, Belotourka, Médéah), et enfin blés étrangers.

Pour la meunerie, toutes ces variétés peuvent se grouper en trois grandes catégories : les blés tendres, les blés mi-durs et les blés durs. Les premiers se distinguent par la consistance farineuse et par l'apparence non cornée du grain ; ils embrassent la plus grande partie des blés cultivés ; les seconds ou blés poulards ont un grain renflé et pour ainsi dire bossu, ils sont de qualité inférieure à celle des blés précédents ; enfin les troisièmes viennent des pays chauds et secs; ils ont une forme allongée et pointue, ils sont cornés et leur cassure offre une apparence vitreuse.

Ces trois catégories de blés devront être traitées séparément ; on emploie des procédés différents pour les uns et pour les autres, et on opère ensuite, s'il y a lieu, des mélanges des farines obtenues, selon les exigences de la clientèle ; les blés durs sont plus spécialement réservés pour la fabrication des semoules à potages et des pâtes alimentaires.

Altérations et conservation des grains. — Dans les petits moulins d'autrefois, le paysan, ou le boulanger apportait son blé et le faisait moudre, remportant les produits obtenus. Aujourd'hui il n'en est plus de même : les grands minotiers modernes achètent eux-mêmes le blé et vendent directement au commerce tout ce qui peut être retiré du grain. L'industriel doit donc emmagasiner une provision de blé, parfois très considérable, pour assurer le fonctionnement régulier de son moulin ; or la conservation de cette marchandise n'est pas sans présenter de grandes difficultés, car les causes d'altérations sont nombreuses.

Tout d'abord et surtout dans les années humides, les grains renferment une proportion d'eau trop considérable, qui peut dépasser 15 p. 100 ; mis en tas, ils s'échauffent et deviennent le siège de fermentations internes qui leur font contracter une odeur dite de renfermé ou de moisi.

En outre, les approvisionnements peuvent être attaqués par un grand nombre d'ennemis : Parmi ceux-ci, les plus gros sont les rongeurs, rats et souris, mais les plus dangereux sont les insectes : charançon, alucite, teigne et cadelle.

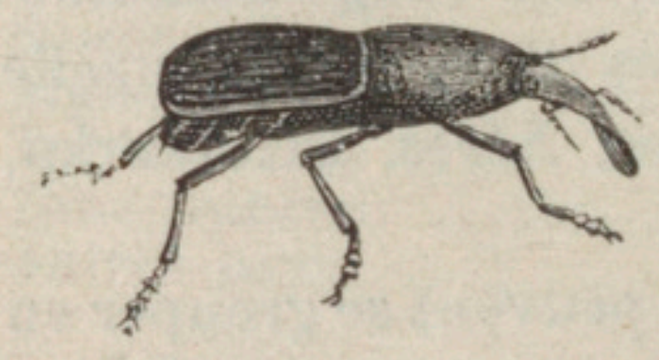


Fig. 1. — Charançon du blé.

Le Charançon (fig. 1) (*Calandra granaria* ou *Sitophilus granarius*) est un petit coléoptère, de couleur brune et de forme allongée, mesurant environ 3 millimètres, et qui cause des ravages parfois considérables. Cet insecte reste immobile, tant que la température est suffisamment basse (au-dessous de 10° environ) ; il hiverne dans les trous des murs ou des planchers. Au printemps, les femelles fécondées vont déposer un œuf, de très petite taille, généralement dans le sillon des grains, après avoir creusé un petit trou dans l'écorce, moins épaisse en cet endroit que partout ailleurs ; une même femelle attaque de cette manière plusieurs grains. L'éclosion de l'œuf produit une petite larve, blanche et molle, armée de fortes mandibules, et qui dévore toute la farine contenue à l'intérieur du grain qui l'héberge. La larve se transforme alors en nymphe puis en insecte parfait, et le même cycle recommence. Ce sont donc les larves qui commettent les dégâts les plus grands, alors qu'elles sont protégées à l'intérieur des grains.



Fig. 2. — Alucite.

L'Alucite ou teigne (*Sitotroga cerealella*) (fig. 2) est un lépidoptère ou papillon de 8 à 9 millimètres de long, de couleur canelle très claire. Les dégâts commencent vers le mois de juin, avant que la moisson soit faite ; il y a deux pontes par an : la première en juin et l'autre en août. Les œufs, déposés sur le grain,

donnent naissance à une petite chenille rouge mesurant 1 millimètre de long, qui perce l'enveloppe du grain, pénètre dans l'intérieur, détruit l'embryon et consomme toute la partie farineuse. La chenille se transforme en nymphe, puis donne un papillon parfait qui s'échappe hors du grain. Les grains alucités sont devenus très légers ; la farine qu'ils donnent est grise et douée d'un goût fort désagréable.

La Fausse-Teigne (*Tinea granella*) est encore un papillon, appartenant à la même famille que l'alucite. Elle mesure 12 à 15 millimètres de long. Les chenilles attaquent plusieurs grains à la fois, les reliant au moyen de filaments qui forment comme une coque soyeuse. L'attaque se fait dans les greniers, vers le mois d'août ; la chenille est cylindrique, de couleur blanche, avec une tête marron. Au moment de se transformer en chrysalide, la chenille quitte le tas de grains, et va s'accrocher par sa partie postérieure sur les murs ou sur les poutres. L'hiver se passe ainsi et les papillons éclosent l'année suivante sans jamais sortir des greniers.

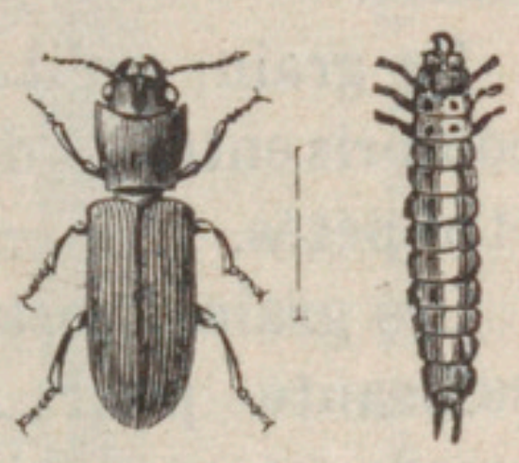


Fig. 3. — Cadelle.

La Cadelle, ou Trogosite de Mauritanie (fig. 3) (*Trogosita caraboïdes*) est un coléoptère, long de 6 millimètres, à corps noirâtre à la partie supérieure et brunâtre en dessous.

La larve, blanche à tête noire, ronge les grains à l'extérieur et se métamorphose dans les crevasses des murs et des planchers.

Cet insecte est surtout répandu dans le Midi et en Afrique.

On a donc cherché des procédés de conservation capables de mettre les grains aussi complètement que possible à l'abri de toute atteinte.

On s'est proposé de faire disparaître toute cause d'altération par une dessiccation ménagée, et sur ce principe reposaient les procédés de Duhamel de Monceau (1753), de Cadet de Vaux et de Terrasse des Billons (1829).

Mais les blés desséchés reprennent ensuite à l'air une partie de leur humidité, et la température que l'on atteignait était

insuffisante pour tuer les larves d'insectes : le charançon a la vie dure, il n'est pas tué par un séjour d'une demi-heure dans un local chauffé à 100°.

Les larves d'alucite, emprisonnées dans les grains, étant extrêmement délicates, on a eu l'idée de les tuer en soumettant toute la masse à des chocs violents.

Le tue-teignes de Doyère se compose de deux cylindres concentriques, dont l'un est fixe, c'est le cylindre extérieur, et l'autre tourne au contraire avec une grande vitesse de 800 mètres à la minute. Le cylindre mobile porte à sa surface extérieure des lames, formant batteurs, tandis que le cylindre externe porte sur sa surface interne des contre-lames.

Le grain, qu'il s'agit de traiter, traverse l'espace annulaire compris entre les deux cylindres, en subissant des chocs violents et répétés.

Les grains sortant de l'appareil sont animés d'une force suffisante pour se classer selon leur poids : les grains lourds, et par suite de bonne qualité, sont projetés au loin, tandis que les grains attaqués restent près de l'orifice de sortie.

On a proposé également pour la destruction des insectes l'emploi du chloroforme et du sulfure de carbone, à la dose de 2 grammes par hectolitre de grains. Ces procédés sont efficaces, mais les blés doivent être ventilés énergiquement après le traitement.

Le procédé de conservation qui semble actuellement être le plus employé est celui qui enferme les grains à l'intérieur de silos : grandes capacités closes, construites de différentes manières, et dans lesquelles on entasse les grains.

L'usage de ces silos n'est pas nouveau, et les Anciens s'en servaient déjà.

L'existence de silos ou de citernes à blé est mentionnée en Égypte et chez les Romains ; on retrouve ces citernes chez les Maures, les Hindous, les Chinois, les Arabes.

Ces silos sont creusés dans le sol, revêtus ou non de maçonnerie, et le blé y est tassé le plus possible ; l'ouverture d'entrée une fois fermée, et la respiration des grains dégageant de l'acide

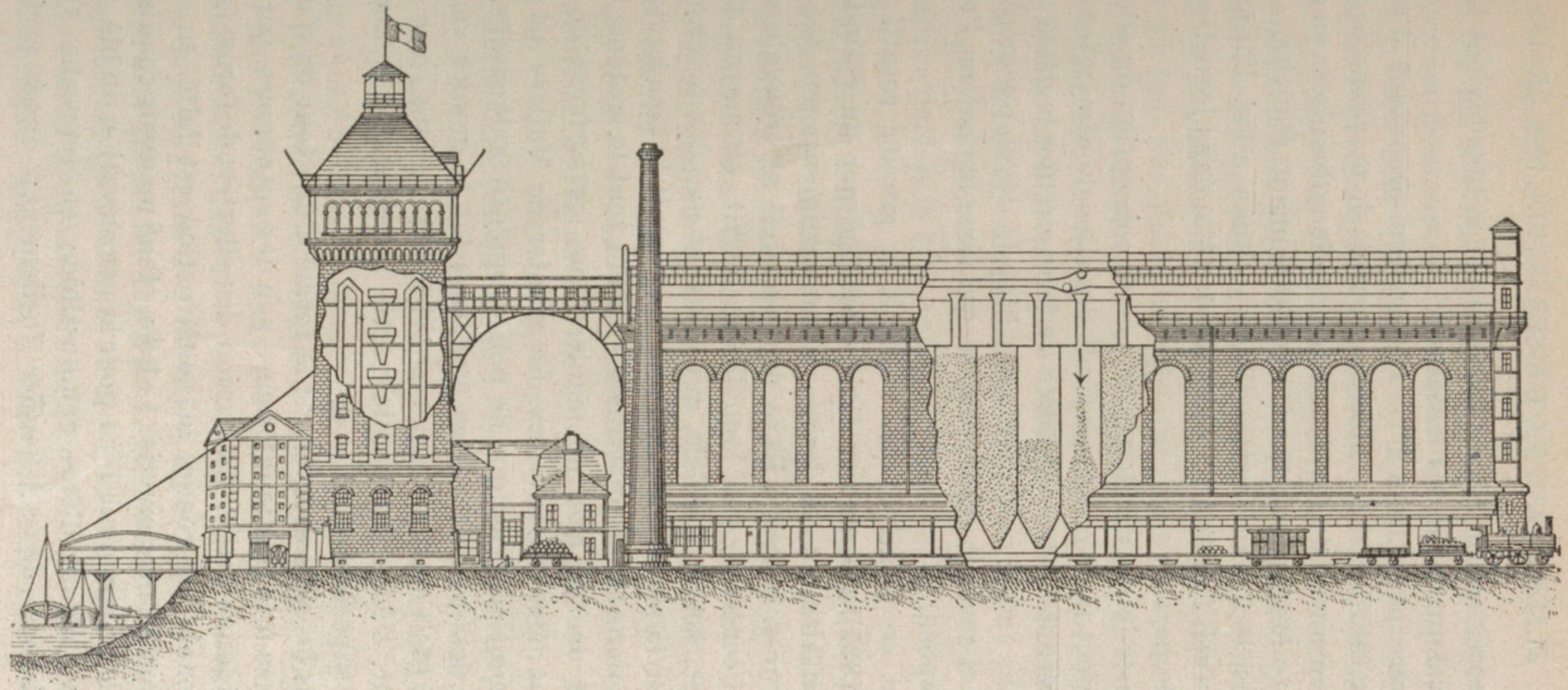


Fig. 4. — Silos des Grands Moulins de Corbeil.

carbonique qui ne peut s'échapper, le milieu devient impropre au développement des insectes.

Doyère perfectionna ce système en proposant d'emmagasiner le blé dans des souterrains, garnis de maçonnerie et munis intérieurement de revêtements en tôle galvanisée; on obtenait de cette façon une capacité complètement étanche.

Dans le même ordre d'idées, citons aussi l'appareil du Dr Louvel, formé d'un cylindre de tôle, dans lequel on faisait un vide partiel.

De nos jours, on abandonne cette conception du silo hermétiquement fermé ; on construit des silos de dimensions parfois considérables, et on s'efforce de faire circuler le grain d'un silo dans un autre: cette agitation gêne le développement des insectes et surtout du charançon, qui aime la chaleur, l'obscurité et le repos.

C'est ce principe que réalisait le grenier rotatif de Vallery (1837). Ce grenier était constitué par un cylindre placé horizontalement, et divisé en compartiments par des cloisons intérieures. Suivant l'axe de l'appareil se trouvait une cheminée centrale, par laquelle on faisait, au moyen d'un ventilateur, sortir de l'air, qui, entrant par des fenêtres disposées sur la surface du cylindre, traversait la couche des grains placés dans les compartiments. Enfin tout le système tournait autour de son axe, de manière que les surfaces de contact pussent être renouvelées. Ce grenier de Vallery ne pouvait forcément contenir que de petites quantités de grains.

Un des premiers silos modernes fut le grenier vertical de Huart (de Cambrai), dans lequel le blé est sans cesse en mouvement, s'écoulant par la partie inférieure et remonté à la partie supérieure.

Tous les silos actuels ont la forme d'une tour ou d'un puits, terminés à la partie inférieure par des entonnoirs, permettant une vidange facile. La section des silos est de forme carrée ou polygonale, ou ronde, la construction est faite en bois, en métal ou en maçonnerie. Le bois, étant mauvais conducteur de la chaleur, convient bien pour la conservation du blé, mais il a le grave défaut d'être combustible ; on reproche aux silos métalliques de s'échauffer facilement; aussi préfère-t-on

aujourd'hui les silos en maçonnerie, ou mieux en ciment armé, ce qui permet de diminuer l'épaisseur des cloisons, et par conséquent d'économiser de la place. Ces silos sont parfois de dimensions très considérables, pouvant contenir 2 000 quintaux et plus. Les silos étant ainsi accolés les uns aux autres (fig. 4), pour ventiler le blé, on le fait passer d'un compartiment dans un autre. Le blé qui s'écoule par le bas d'un silo est remonté à la partie supérieure du bâtiment et déversé dans un autre silo ; il ne faut pas que le blé retourne dans le même compartiment, car le grain placé directement au-dessus de l'orifice de sortie s'écoulant le premier, celui placé à la périphérie ne serait jamais aéré et pourrait s'altérer ; il faut donc avoir grand soin de vider complètement les silos.

Bien que l'emploi des silos soit maintenant très général, on conserve parfois le blé en sacs, simplement empilés dans des greniers.

Appareils de transports. — Les blés arrivent aux moulins par voitures, par chemin de fer ou par eau; mais il faut toujours décharger la marchandise à son entrée dans l'usine et la transporter dans les silos ou dans les greniers ; il a donc fallu doter les minoteries d'organes spéciaux, capables d'effectuer ce travail; nous verrons, en outre, dans la suite des opérations, que le blé, au cours de la mouture, devra sans cesse passer d'un appareil à l'appareil suivant, traverser les différents étages du moulin, tantôt dans un sens, tantôt dans un autre. Les appareils de transport que nous allons décrire, ne sont donc pas spéciaux pour le grain : ils trouveront leur emploi dans toutes les parties du moulin, et serviront à transporter les produits les plus divers.

Nous avons deux cas à considérer, selon qu'il s'agit de transporter une marchandise contenue dans des sacs, ou, au contraire, une marchandise nue ; nous devons également assurer les transports, soit dans le sens vertical, de bas en haut ou de haut en bas, soit dans une direction horizontale.

Appareils pour transports verticaux. — S'il s'agit de sacs, on fait usage de treuils ou de monte-charges. Les treuils, appelés encore tire-sacs, sont manœuvrés, soit à la main, soit mécaniquement. Les treuils à main sont employés seulement

dans les petites exploitations, où il n'y a pas de transmission à tous les étages. Ces petits appareils se font à simple engrenage; ils sont montés sur un bâti muni de pieds (fig. 5), ou appliqué contre un mur (fig. 6). Pour pouvoir arrêter le sac en cours de route, ces treuils sont munis d'une roue à rochets et d'un cliquet, ou d'un frein, qui agit sur l'axe du treuil. Les sacs sont saisis au moyen de pinces de fer simples ou articulées (fig. 7 et 8), qui sont maintenues fermées par le poids même de la marchandise.

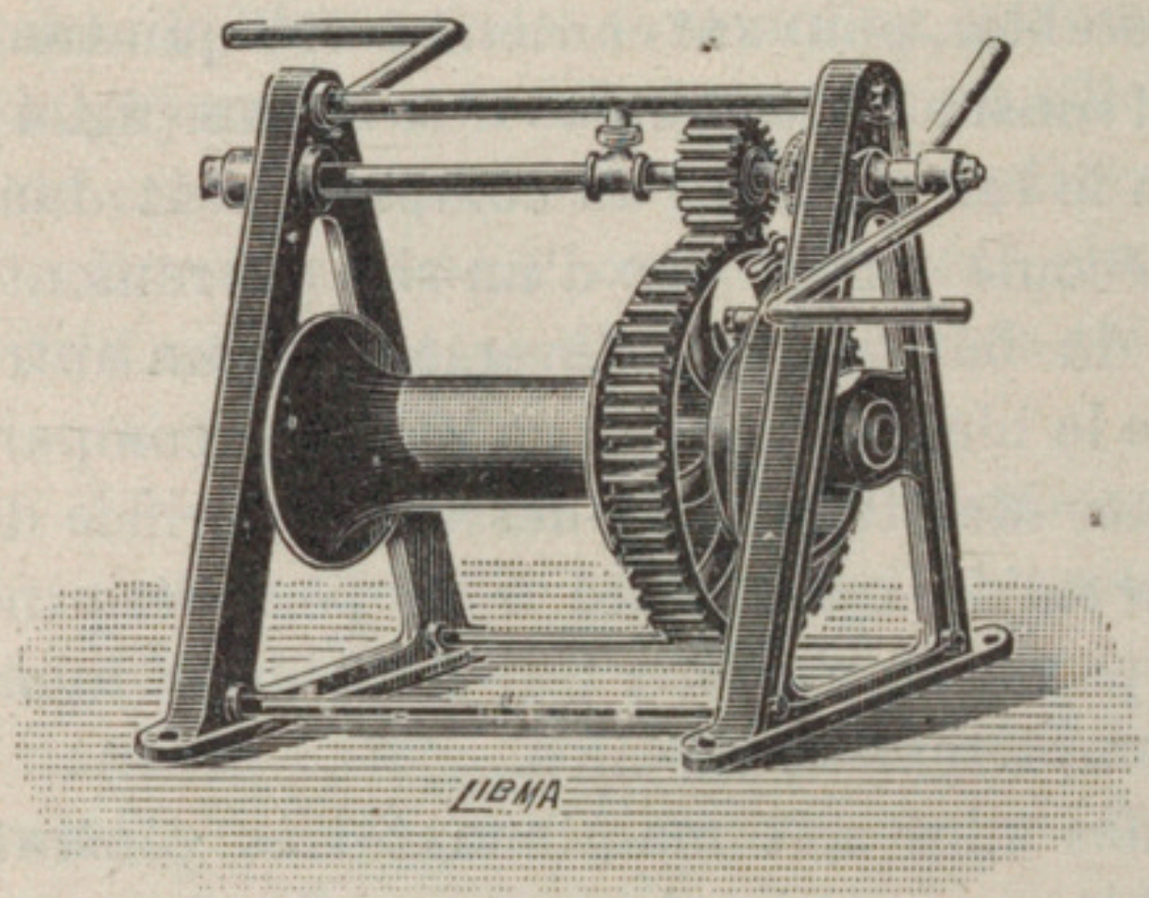


Fig. 5. — Treuil ordinaire à patins.

Les tire-sacs mécaniques sont plus répandus; ils sont combinés de telle façon qu'au repos, la courroie de transmission soit lâche et ne puisse entraîner la poulie du treuil; on tend, au contraire, cette courroie pour mettre l'appareil en action. Un des modèles les plus simples comprend un treuil dont l'axe, qui supporte également la poulie de commande, repose sur deux paliers fixés sur un étrier en fer cornière; cet étrier repose lui-même au moyen de deux tourillons sur deux paliers fixés à deux montants de bois. Au moyen d'un câble, attaché à un anneau fixé sur l'étrier, on peut faire pivoter ce dernier autour

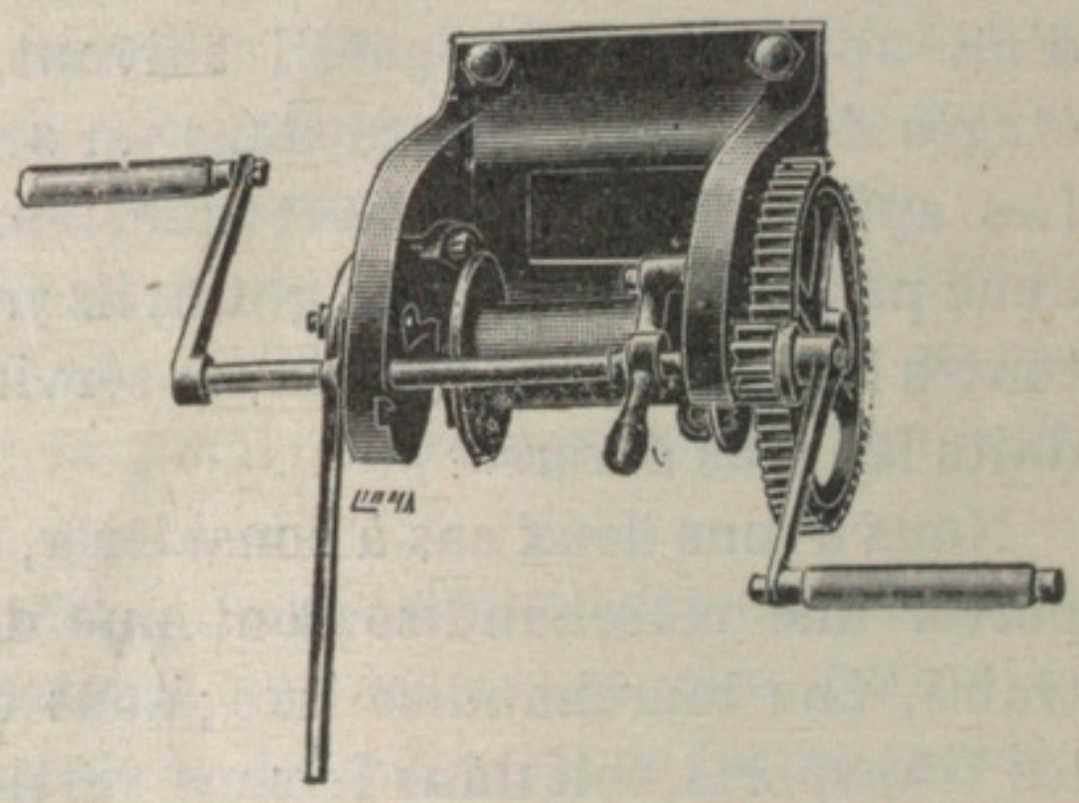


Fig. 6. — Treuil d'applique à simple engrenage.

des deux tourillons, élever le treuil, et tendre la courroie de commande ; la poulie de transmission, placée au-dessous du treuil, doit être munie de deux larges rebords pour que la cour-

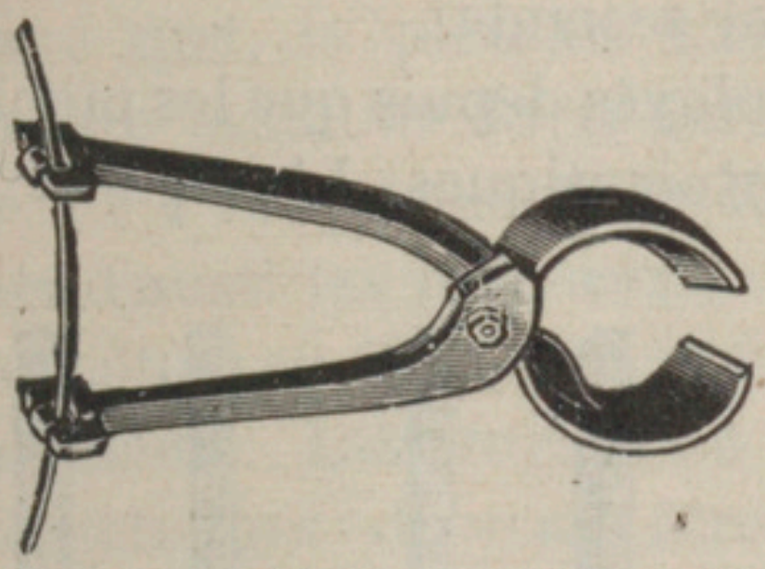


Fig. 7. — Pince en fer forgé pour monte-sacs.

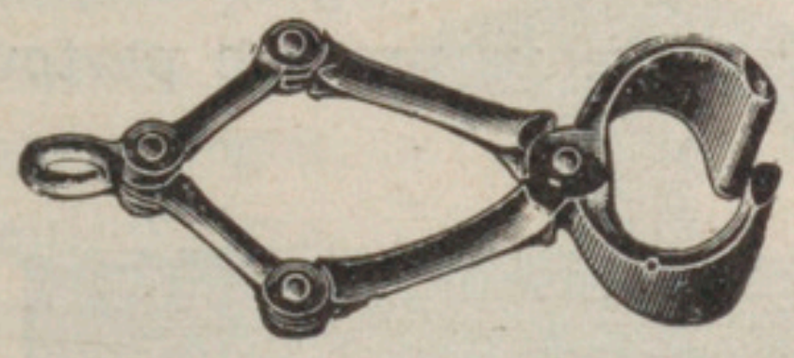


Fig. 8. — Pince en fer forgé pour monte-sacs.

roie soit bien guidée. Le treuil peut soulever un poids de 150 kilogrammes, avec une vitesse de $0^{m},50$ par seconde ; la force nécessaire est d'un cheval environ ; il faut de plus $0^{ch},25$ pour les frottements. La force de traction pour un poids de 100 kilogrammes est de $21^{kg},6$ à la périphérie du tambour (diamètre du tambour : 150 à 180 millimètres ; poulie de commande : 950 × 130 millimètres ou 1 250 × 150 millimètres).

Dans un autre appareil (fig. 9), le treuil est fixe ; l'axe du tambour, sur lequel s'enroule le câble, est supporté par deux chevalets métalliques ; la courroie de transmission, non tendue en temps ordinaire, repose sur une poulie à rebords ; pour mettre le treuil en mouvement, on soulève un long levier qui commande un galet, lequel, venant appuyer sur la courroie,

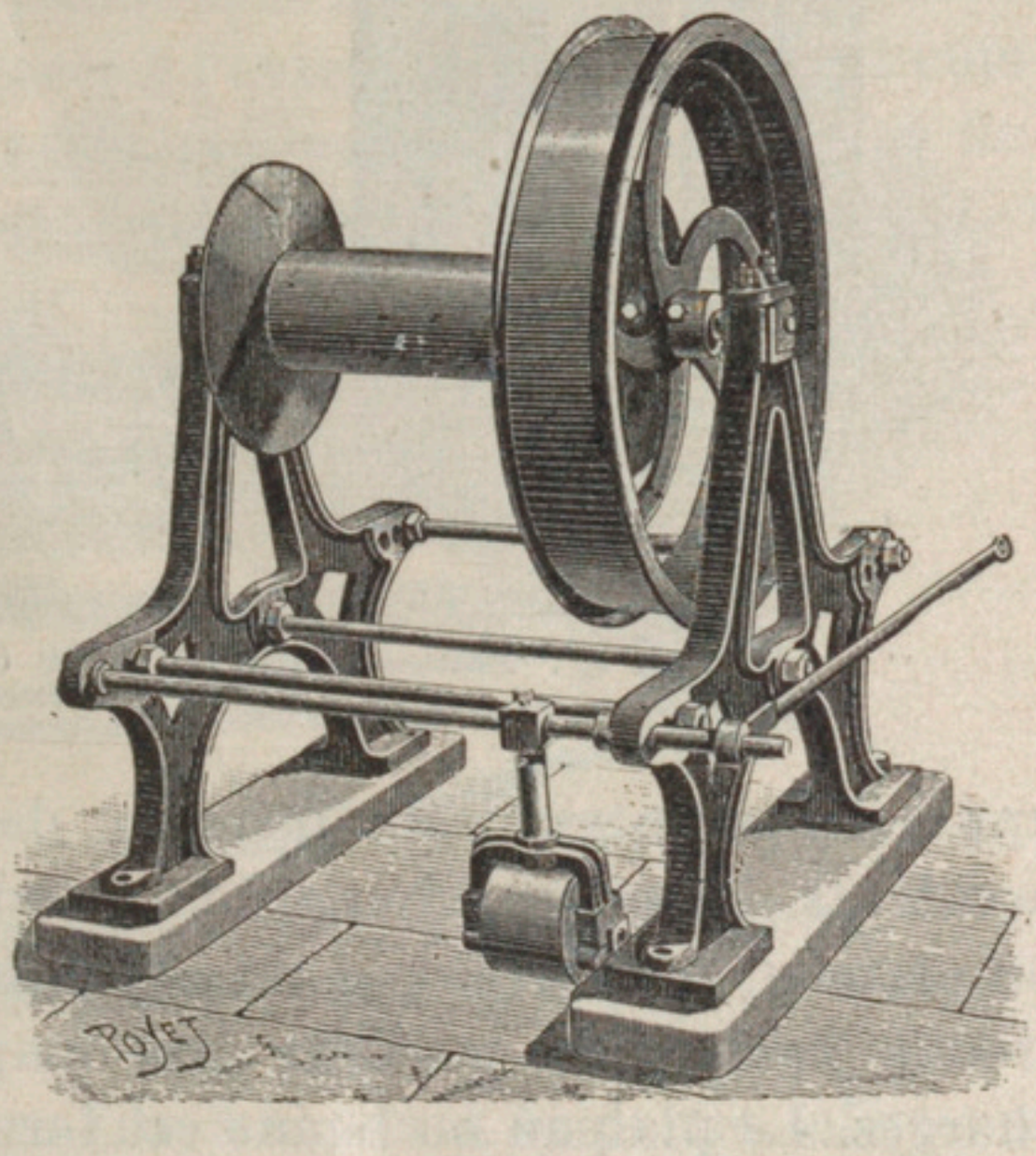


Fig. 9. — Monte-sacs bâti fonte.

lui donne la tension nécessaire. Pour soulever un poids de 100 kilogrammes, il faut à la périphérie de la poulie motrice une force de 43 kilogrammes ; le treuil fait 50 tours à la minute, et la vitesse est de $0^m,78$ par seconde.

Les monte-charges sont peu employés depuis que les moulins sont devenus presque partout automatiques. L'usage de ces

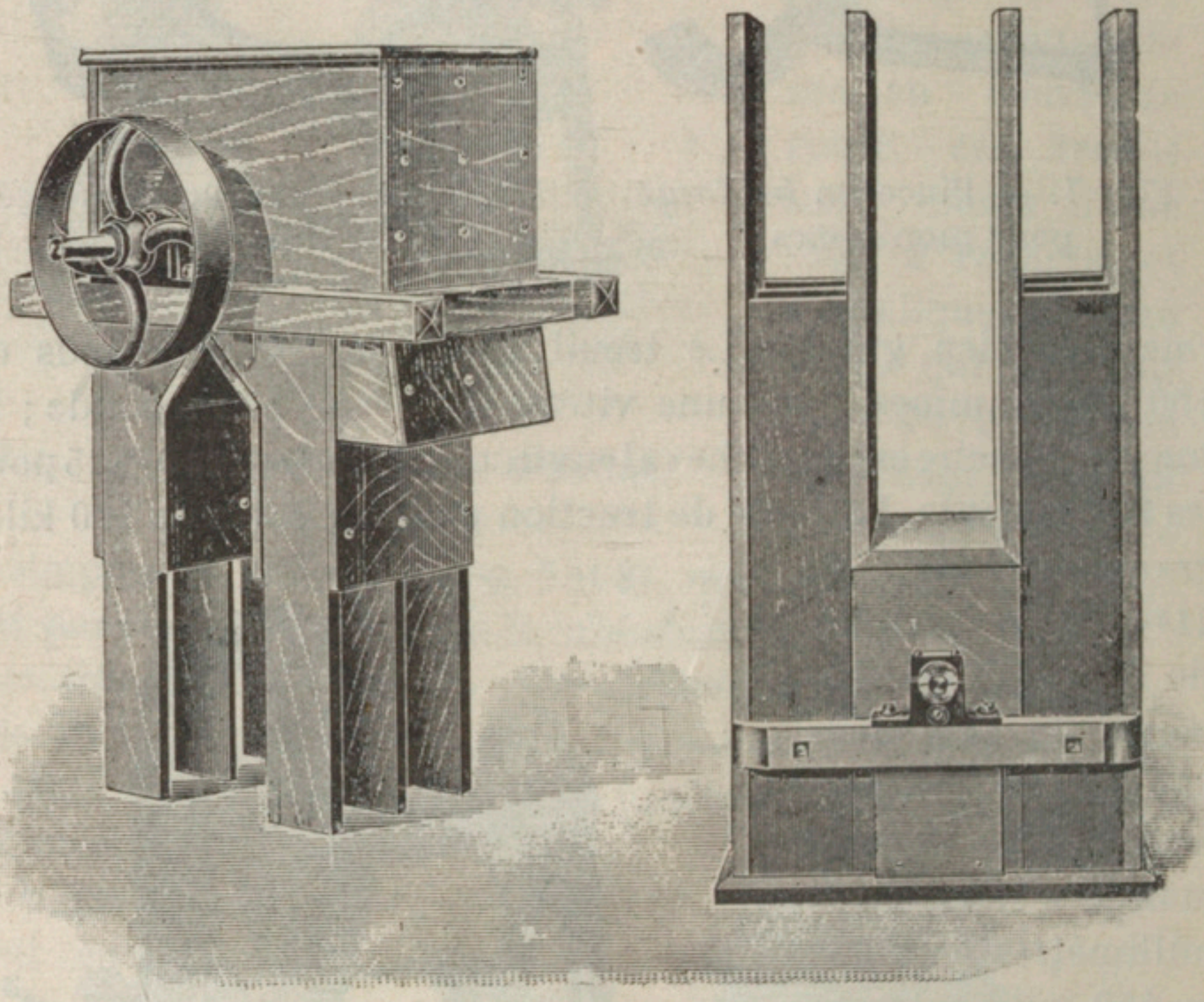


Fig. 10. — Pied et tête d'élévateur.

appareils est interdit aux ouvriers, dans le but de prévenir les accidents. Un monte-charge comprend un treuil, et une benne ou plateau, supportée par un câble ou par une courroie. Les treuils précédents peuvent être employés pour les monte-charges. Le plateau ou benne est formé par un plateau, muni d'un dossier ; cet organe du monte-charge peut être construit entièrement en fer, ou en bois garni de fer. Le plateau est guidé dans sa course au moyen de deux fers cornière, coulissant entre quatre fers d'angle. A la partie supérieure, un crochet relie la plate-forme à la courroie ou sangle qui doit être

très large (de 100 à 200 millimètres) et épaisse (7 à 8 millimètres). La vitesse linéaire que l'on donne à ces sangles est de $0^m,30$ à $0^m,50$ par seconde; mais cette vitesse augmente, à mesure que, le plateau s'élevant, le diamètre du tambour du treuil augmente par suite de l'enroulement de la courroie. On suspend aussi les plateaux de monte-charges à des câbles en fil d'acier (8 à 10 millimètres d'épaisseur). Les cages où circulent ces monte-charges doivent être complètement fermées et avoir sur les paliers une porte qui soit commandée par le mouvement du plateau lui-même; il faut enfin que ces appareils soient munis d'un système de parachute.

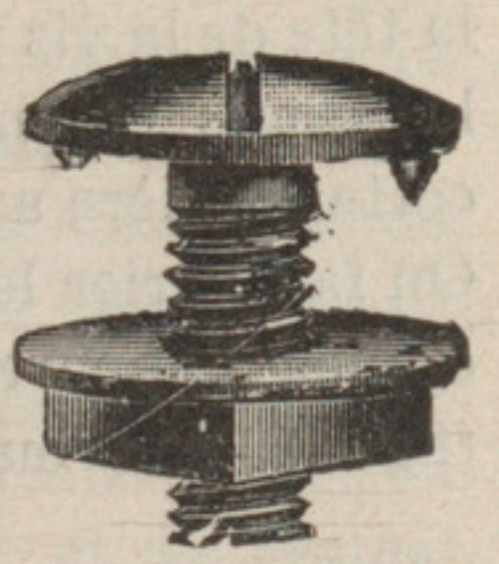


Fig. 11. — Boulon à tête ronde.

S'il s'agit maintenant de transporter verticalement de bas en haut du blé non ensaché, ou les différents produits de la mouture, on fera usage d'un élévateur. Ce genre d'appareil se compose, en principe, d'une bande sans fin, s'enroulant autour de deux poulies ; la poulie placée à l'extrémité supérieure est commandée et entraîne dans son mouvement la bande sans fin, sur laquelle sont fixés des godets en nombre variable. Ces

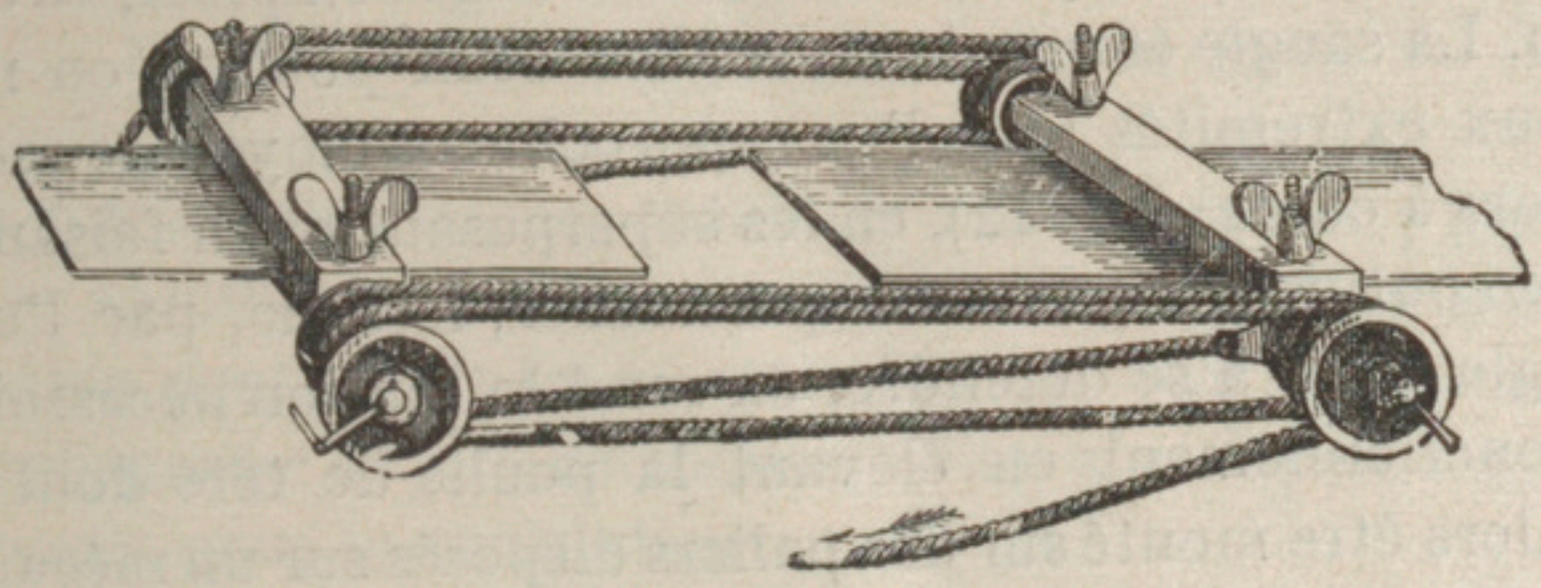


Fig. 12. — Moufle tendeur à corde pour montage des sangles d'élévateurs.

godets puisent la marchandise à élever à la partie inférieure, ou pied de l'élévateur (fig. 10), et en se retournant à la partie supérieure, ou tête de l'élévateur (fig. 10), déversent cette marchandise sur un plan incliné. Les godets circulent à la montée et à la descente, dans deux tuyaux verticaux.

La bande qui supporte les godets est rarement en cuir, par

raison d'économie ; elle est le plus souvent constituée par une sangle de chanvre pur ou de coton blanc tissé ; la largeur de ces sangles est variable, de 90 à 250 millimètres. Les godets, de formes et de dimensions variables, sont vissés sur la sangle : la tête de la vis porte en général des pointes qui pénètrent dans la sangle et empêchent la vis de tourner (fig. 11); on serre cette dernière au moyen d'un écrou carré, muni d'une rondelle. On fait varier le nombre des godets suivant le débit que doit donner l'appareil. Dans le pied et dans la tête de l'élévateur (fig. 10) se trouve une poulie de bois ou de fonte, autour de laquelle s'enroule la sangle. L'arbre de la poulie de tête se prolonge en dehors de la caisse de bois qui enveloppe le tout pour recevoir la poulie de commande. Les têtes d'élévateur se font en général en deux pièces, afin qu'il soit facile de visiter la poulie; elles portent, en outre, un orifice pour la sortie de la marchandise élevée. Les pieds d'élévateur offrent une disposition analogue, mais sans organe de commande; ils portent des orifices pour permettre une vidange complète, en cas de besoin. La sangle étant placée sur les deux poulies, on réunit les deux extrémités (que l'on rapproche au moyen de moufles tendeurs à corde) (fig. 12), en les superposant et en faisant une simple couture ; dans ce cas particulier, lorsque, par l'usage, la sangle vient à se détendre, on rend la tension nécessaire au bon fonctionnement en élevant la poulie de tête dont l'axe doit alors être monté sur des paliers disposés sur un mécanisme à vis. Pour se dispenser d'avoir ce mécanisme tendeur, on relie encore les extrémités des sangles par des agrafes, ou par une connexion, formée de lanières percées d'œillets, dans lesquels on passe des cordons.

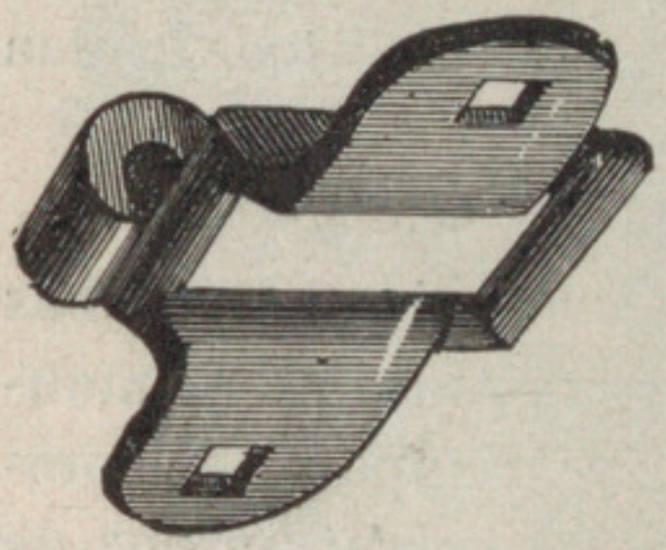


Fig. 13. — Maillon.

Au lieu d'employer des sangles, on fait aussi usage de chaînes (fig. 13 et 14) dont les maillons en fonte malléable, ou en acier, passent sur des poulies armées de dents. La vitesse d'ascension de ces appareils peut varier de 2 à 5 mètres par seconde.

Les tuyaux qui entourent les deux branches de l'élévateur

sont le plus souvent en bois et de section carrée, ou encore en métal et de section circulaire ; le diamètre doit alors être suffisant pour que les godets ne touchent pas la paroi, même quand la sangle vient à ballotter.

Les blés en vrac peuvent également être remontés à la partie supérieure des silos par aspiration. Dans le système Farcot, un ventilateur tend à faire le vide dans une caisse de tôle étanche, dont le fond est disposé comme une trémie et peut s'ouvrir automatiquement sous le poids des grains qui s'accumulent dans la caisse. Un tuyau, partant de cette caisse, va plonger dans la masse de blé qu'il faut élever, et les grains

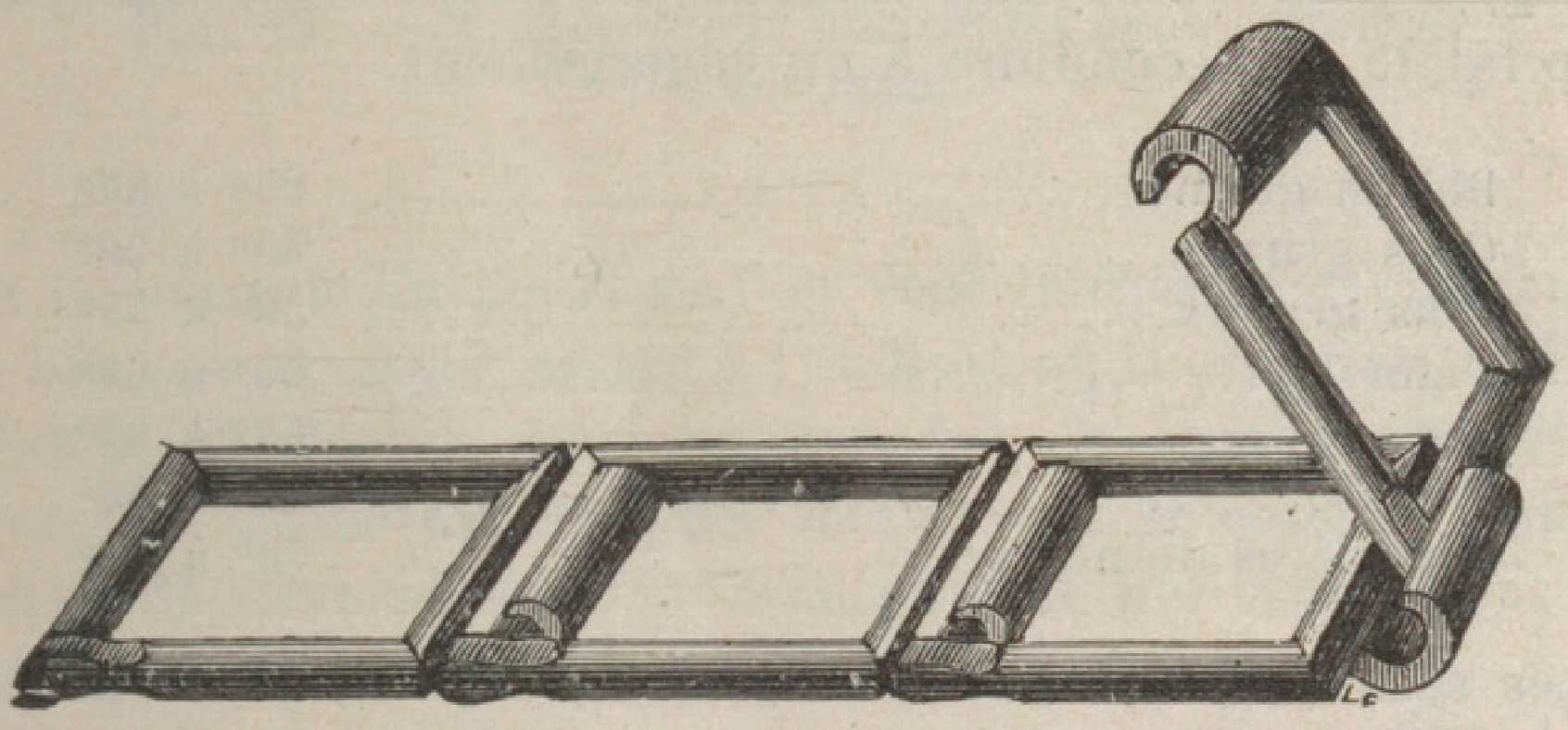


Fig. 14. — Chaîne d'élévateur. Chaîne Ewet.

aspirés par le ventilateur, montent dans la trémie, pour se déverser ensuite automatiquement dans les silos. La hauteur d'élévation peut atteindre 15 mètres, et en une heure on peut ainsi transporter de 5 à 25 tonnes, avec une dépense de 5 à 25 chevaux pour le ventilateur.

Pour les transports qui doivent être effectués de haut en bas, on fait simplement usage de tuyaux ou de glissières, dans lesquels la pesanteur seule fait avancer la marchandise ; on fait varier l'inclinaison de ces appareils, selon les coefficients de frottement particuliers à chaque nature de marchandise ; on évite presque toujours de placer ces tuyaux verticalement : les produits tombant avec une grande force pouvant donner trop de poussières, pouvant s'agglomérer, ou pouvant, en arrivant trop brusquement, déranger la marche des appareils dans les-

quels ils doivent se rendre. Les tuyaux se font en bois ou en métal ; quand le tuyau est en bois, et qu'il est peu incliné, on favorise le glissement, en garnissant le fond de zinc ou de fer blanc. Les tuyaux de fer non galvanisés doivent être ventilés fortement pour que l'humidité ne les fasse pas rouiller.

Le tableau suivant donne les angles que les tuyaux doivent faire avec l'horizontale, pour que le glissement se fasse sûrement avec différentes natures de produits; lorsque les marchandises sortent d'un élévateur et sont, par suite, projetées avec une certaine force, on peut diminuer la valeur de ces angles de 5 à 10 degrés ; ces angles peuvent être également diminués de 5 degrés pour les tuyaux métalliques ; cependant une pente trop faible peut conduire à un engorgement.

Blé ou graines.	25° à 30°
Gros gruaux.....	45° à 50°
Fins gruaux.....	50° à 55°
Finots.....	55° à 60°
Son.....	60° à 65°
Farine.....	70° à 80°
Poussières de nettoyage.....	70° à 80°

Les sacs sont descendus dans des glissoires, plans inclinés faits de planches très lisses, et dont la pente ne doit pas dépasser 30° pour éviter une chute trop rapide.

Appareils pour transports horizontaux. — On fait usage de deux transporteurs différents : le transporteur à bande sans fin, et la vis d'Archimède.

Le transporteur horizontal (fig. 15) se compose d'une bande sans fin, en caoutchouc ou en coton tissé souple, d'une largeur variable de 250 à 600 millimètres, et qui tourne avec une vitesse de $2^{m},50$ environ à la seconde autour de deux rouleaux ; entre les deux rouleaux extrêmes, dont l'un est commandé par une poulie, on dispose de place en place d'autres rouleaux qui supportent la courroie. Tout le système est supporté par deux longrines en tôle ou en bois. De petits rouleaux releveurs à axe oblique (fig. 16) par rapport au plan de la courroie permettent de donner au besoin à celle-ci un peu de creux ; la tension suffisante est obtenue au moyen d'un contrepoids ou d'un tendeur à vis. On peut déverser la marchan-

dise transportée sur cet appareil en un point quelconque du trajet, grâce à un chariot mobile (fig. 15), muni d'une trémie d'écoulement et de deux cylindres qui ont pour effet de rele-

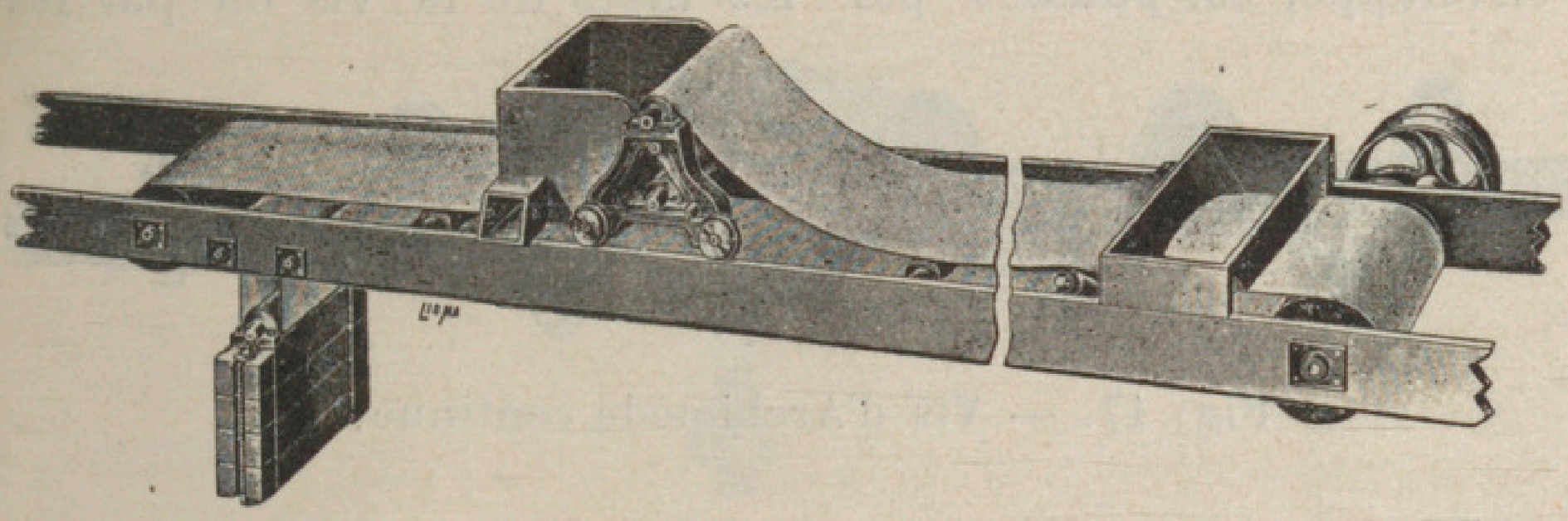


Fig. 15. — Transporteur horizontal avec trémie de déversement.

ver la courroie au point où l'on veut faire cesser le parcours. Le blé, par exemple, arrivé à l'endroit où la courroie, une fois relevée, s'infléchit pour redescendre, se trouve projeté en avant et tombe sur un plan incliné qui le conduit dans la trémie de déversement. Ce transporteur horizontal peut être disposé à la partie supérieure du bâtiment des silos ; le blé qui arrive du moulin est monté par un élévateur, et conduit sur la sangle du transporteur ; en disposant convenablement le chariot déverseur, il est aisé de remplir tel ou tel silo.

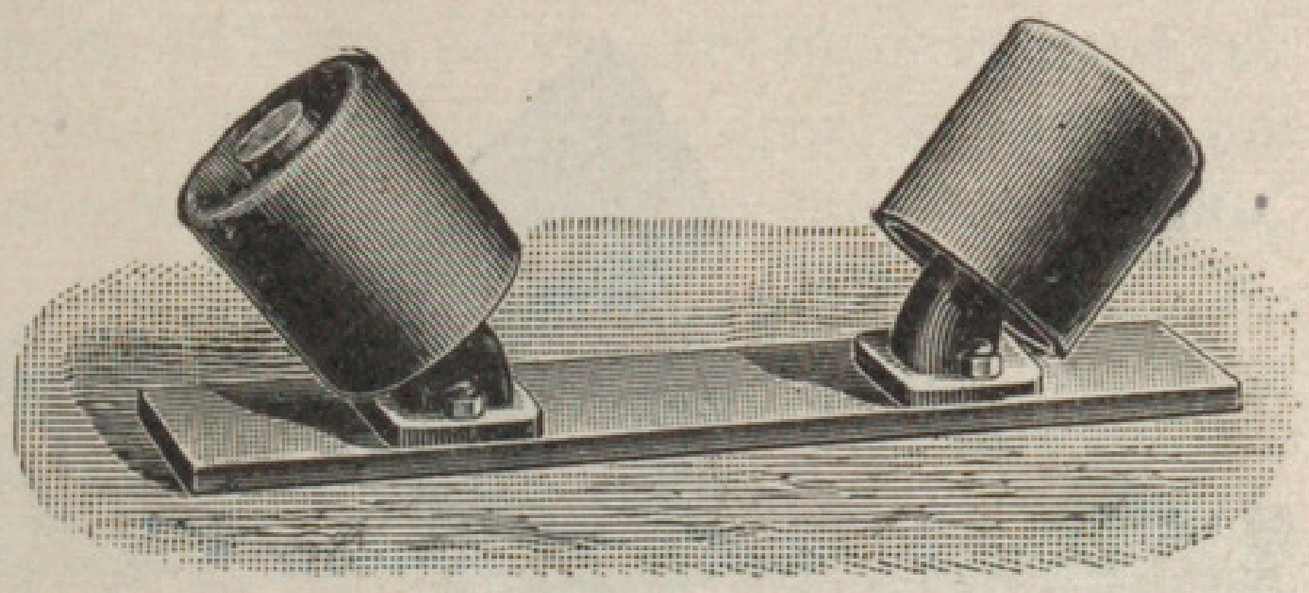


Fig. 16. — Rouleaux releveurs pour transporteur.

La vis d'Archimède est l'appareil transporteur horizontal le plus répandu dans les moulins modernes ; sa construction est très simple. Un transporteur à vis est constitué par une vis de tôle continue, ou par une vis interrompue formée par la succession de palettes en fonte malléable, montées sur un

arbre de fer plein ou creux, et qui reçoit un mouvement de rotation. La vis est entourée, soit par une caisse de bois, soit par une enveloppe de tôle; la marchandise, placée dans l'enveloppe, est poussée par les filets de la vis ou par les

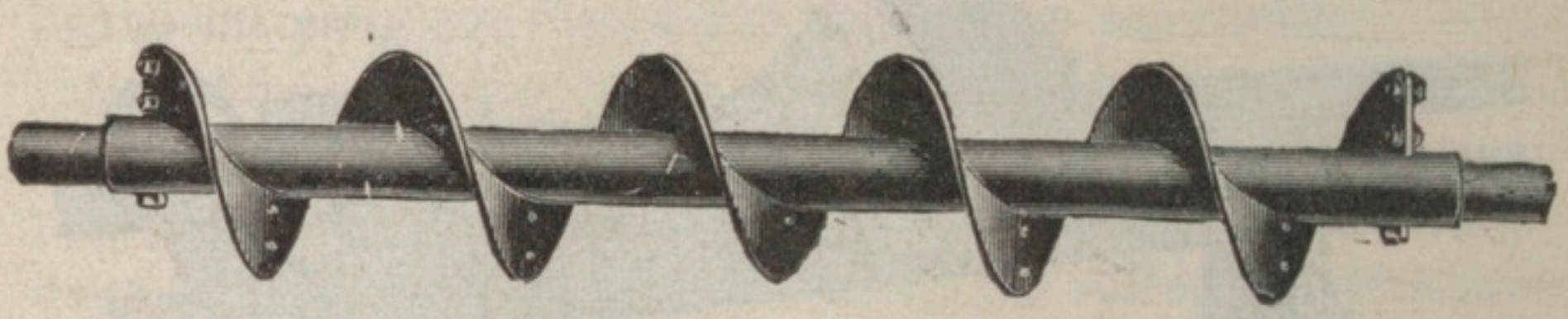


Fig. 17. — Vis d'Archimède continue.

palettes qui tournent sur elles-mêmes, et avance de cette manière.

Les enveloppes de tôle sont préférables, parce qu'elles embrassent mieux la vis et que la résistance opposée au glissement de la marchandise par le métal est moindre que celle opposée par le bois ; on peut, il est vrai, garnir les caisses de bois intérieurement avec du zinc. Le diamètre des vis varie de 90 à 400 millimètres.

Les vis de tôle continues (fig. 17) sont formées par la juxta-

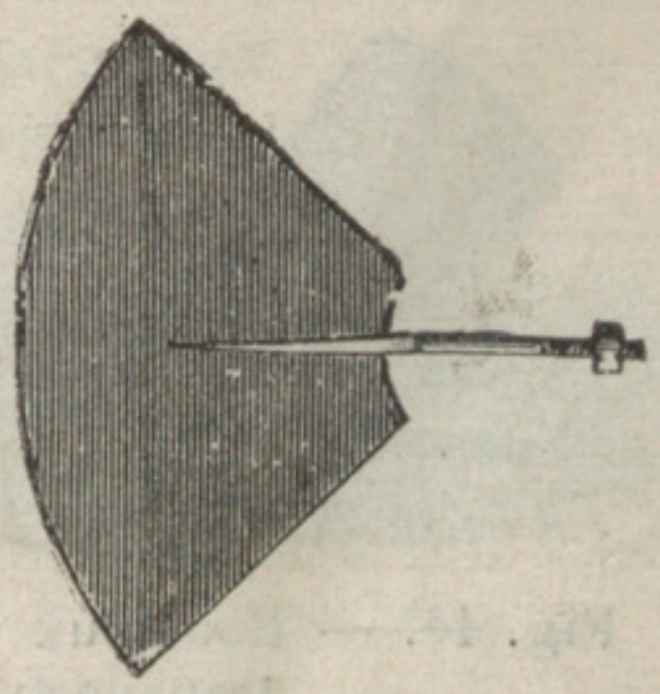


Fig. 18. — Ailette pour vis interrompue.

position, au moyen de rivets, de disques découpés aux dimensions voulues et tordus ensuite en hélice ; cette torsion faisant diminuer le diamètre des disques, il faut avoir soin de leur donner une dimension un peu plus grande que celle de la vis définitive.

Dans l'espérance de diminuer la force nécessaire au fonc-

tionnement de ces vis de tôle, continues et pleines, on a construit des vis au moyen d'un fer forgé plat, tordu en hélice et assemblé sur l'arbre au moyen de boulons-vis, placés chaque

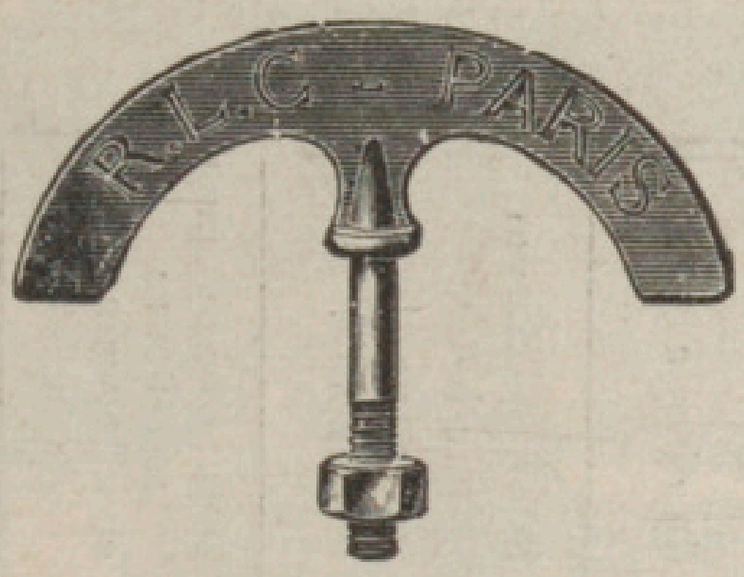


Fig. 19. — Ailette en croissant pour vis interrompue.

0^{m},50. La surface active de la vis se réduit donc à un mince ruban, maintenu à une certaine distance de l'arbre central. La force nécessaire est, en effet, moindre dans ce cas que dans le cas précédent, parce que la surface de frottement est également moindre ; mais le débit diminue également, dans la proportion de 20 p. 100 environ.

Dans les deux appareils précédents, on ne peut pas changer la direction du transport, ni le pas de vis ; cet inconvénient est supprimé par l'emploi des vis, formées par un arbre sur lequel on fixe par un écrou et une vis des segments, en fonte malléable,

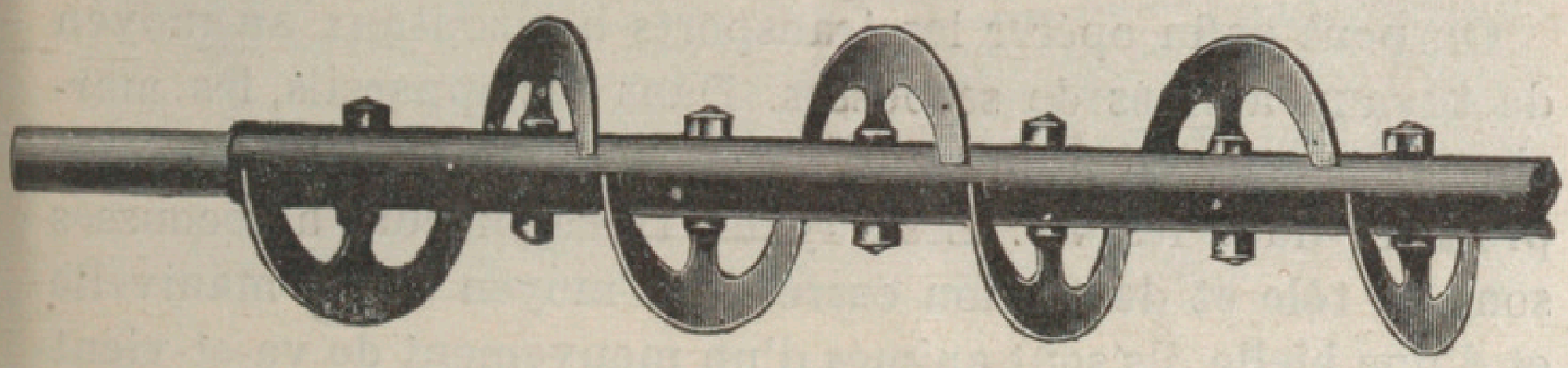


Fig. 20. — Vis à palettes.

ayant soit la forme d'une palette, soit celle d'une ailette en croissant (fig. 18 et 19). On peut assembler ces segments pour avoir, soit une vis continue, soit une vis interrompue (fig. 20).

Le débit des vis (en tôle continue) se calcule par la formule

$$L = 5 \times d^2 \times \pi \times n \times p,$$

dans laquelle L représente la marchandise débitée par heure (en litres); *d*, le diamètre de la vis en décimètres; *n*, le nombre de tours à la minute, et *p*, le pas de vis en décimètres.

Le tableau suivant, dû à Schmidt, indique les données relatives aux vis :

Diamètre de la vis, en millimètres.	Pas.	Diamètre du disque rond.	Débit maximum par heure en hectolitres de blé.	Débit maximum par heure en kilogrammes de farine.	Nombre de tours par minute.	Poids d'un mètre, en kilogrammes.
105	110	120	23	950	100	4,2
115	110	130	28	1.150	100	5,0
130	110	145	36	1.500	100	5,3
140	115	170	42	1.830	100	7,4
155	125	175	50	2.800	80	7,7
170	125	190	64	3.000	80	8,1
190	140	210	88	4.060	80	8,5
210	160	230	100	4.500	70	9,6
250	180	275	150	6 000	70	12,8
270	200	300	180	7.500	70	—
300	200	330	220	9 000	60	15,3
330	250	360	280	11.000	60	—
350	250	380	310	12.000	60	—
400	250	430	350	14.000	50	—

On peut enfin opérer les transports horizontaux au moyen de tuyaux animés de secousses. Dans ces appareils, les marchandises ne sont nullement écrasées, comme le fait peut se produire dans les vis. Les tuyaux transporteurs à secousses sont en tôle et de section carrée ; au moyen d'une manivelle et d'une bielle, ils sont animés d'un mouvement de va-et-vient grâce auquel les marchandises avancent par saccades ; on compte qu'un tuyau transporteur, ayant une course de $0^m,02$, et dont la manivelle tourne de 440 tours par minute, fait avancer la marchandise transportée de 20 mètres par minute.

Pesage du blé. — Pour terminer ce qui a trait aux manipulations que subit le blé à son entrée au moulin, il nous faut encore signaler le pesage que l'on fait parfois avant l'emmagasinement. Cette opération est rapidement effectuée au moyen

d'une bascule automatique (fig. 21). Cette balance fonctionne de la manière suivante : Un fléau à deux branches égales, portant une aiguille indicatrice dirigée vers le bas, supporte, d'un côté,

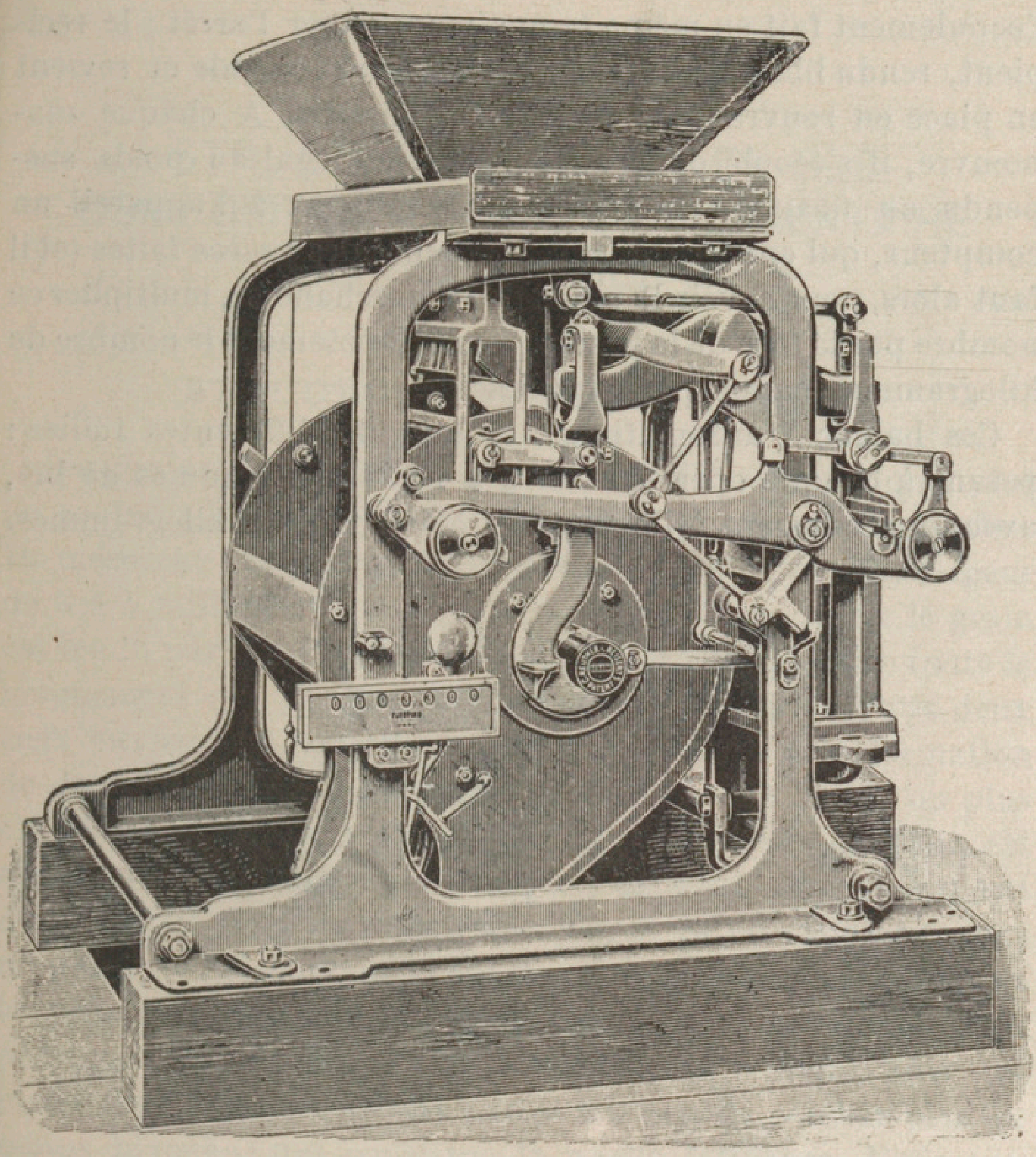


Fig. 21. — Balance automatique pour céréales.

un poids déterminé, 100 kilogrammes je suppose, et de l'autre, le récipient qui doit recevoir la marchandise à peser. Le blé, dans le cas présent, coule dans ce récipient par l'intermédiaire d'une trémie d'alimentation munie de deux clapets. Le premier sert à ralentir l'arrivée du grain, lorsque le poids va être atteint ; le second arrête complètement l'écoulement lorsque

l'équilibre de la balance est obtenu. Le récipient de la bascule est placé en équilibre sur deux couteaux ; en temps ordinaire, il est maintenu en place par un arrêt. Lorsque le poids voulu de blé est arrivé dans le récipient, le clapet qui arrête l'écoulement fait en même temps manœuvrer l'arrêt ; le récipient, rendu libre, bascule sur ses couteaux, se vide et revient en place en rouvrant le clapet d'admission. A chaque manœuvre, il s'écoule donc un poids de blé égal au poids suspendu au fléau de la balance. On adjoint à l'appareil un compteur, qui enregistre, soit le nombre des pesées faites (et il faut alors, pour savoir le poids de la marchandise, multiplier ce nombre par la tare de la bascule), soit directement le nombre de kilogrammes passés par le récipient.

Ces balances automatiques se font de différentes tailles : pesant à chaque opération de 5 à 1 200 kilogrammes de blé, avec un rendement à l'heure de 1 500 à 132 000 kilogrammes.

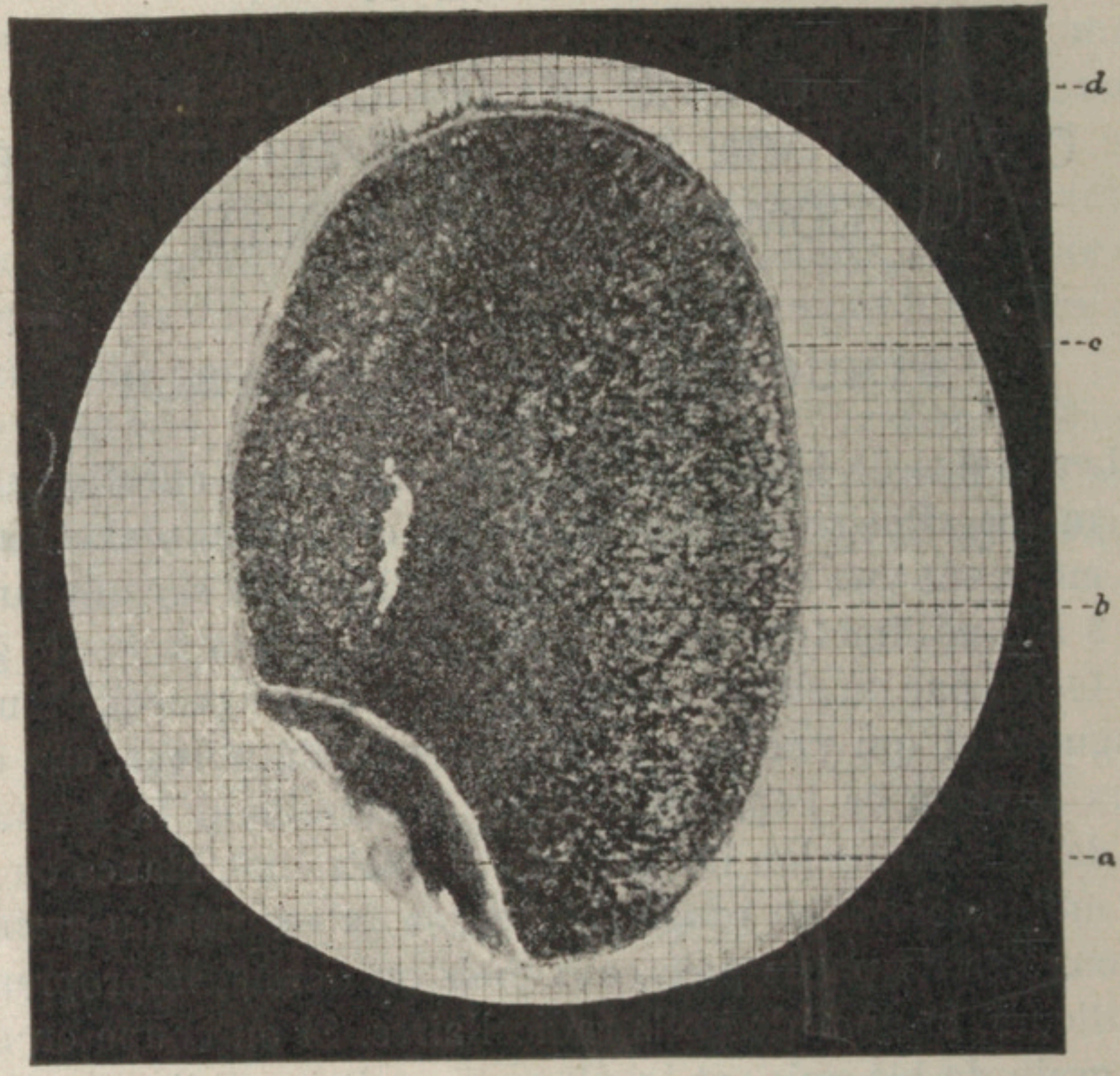
CHAPITRE II

STRUCTURE DU GRAIN DE BLÉ
COMPOSITION ET VALEUR ALIMENTAIRE
COMPOSITION DES BLÉS

STRUCTURE DU GRAIN DE BLÉ

Les grains de blé ont, en général, une forme elliptique, plus ou moins allongée selon les variétés, et plus ou moins renflée. Ils mesurent une longueur de 6 à 9 millimètres, sur une largeur de 3 à 5 millimètres environ. Sur l'une de ses faces, le grain est fendu par un sillon médian qui s'étend sur presque toute la longueur et qui pénètre profondément à l'intérieur, aux deux tiers environ de l'épaisseur totale, déterminant la formation de deux lobes. Selon les variétés, les blés sont blancs ou plus ou moins colorés en rouge. L'une des extrémités du grain est recouverte de petits poils, auxquels on donne, improprement d'ailleurs, le nom de poils radicellaires. Si on coupe en deux un grain de blé, suivant le sillon, on voit immédiatement que le grain est constitué par deux parties, une enveloppe périphérique, qui l'entoure complètement, se repliant pour tapisser tout le sillon, et une partie interne, de couleur plus ou moins blanche, qui constitue la partie farineuse. Enfin, on distingue encore, à l'extrémité du grain, et à la base des deux lobes, l'embryon, la future plante à laquelle le grain de blé doit donner naissance par sa germination. L'étude de ces différentes parties, leur constitution anatomique, leur composition chimique, leur valeur au point de vue alimentaire, ont donné lieu à un grand nombre de travaux. L'étude définitive, aujourd'hui classique, a été faite par Aimé Girard, qui a publié ses recherches en 1884, dans un mémoire intitulé :

« Composition chimique et valeur alimentaire des différentes parties du grain de froment ». Depuis cette époque, nos connaissances ont été complétées, seulement au point de vue botanique, par différents travaux, notamment par ceux de M. Guérin. Toute la question que nous allons maintenant aborder



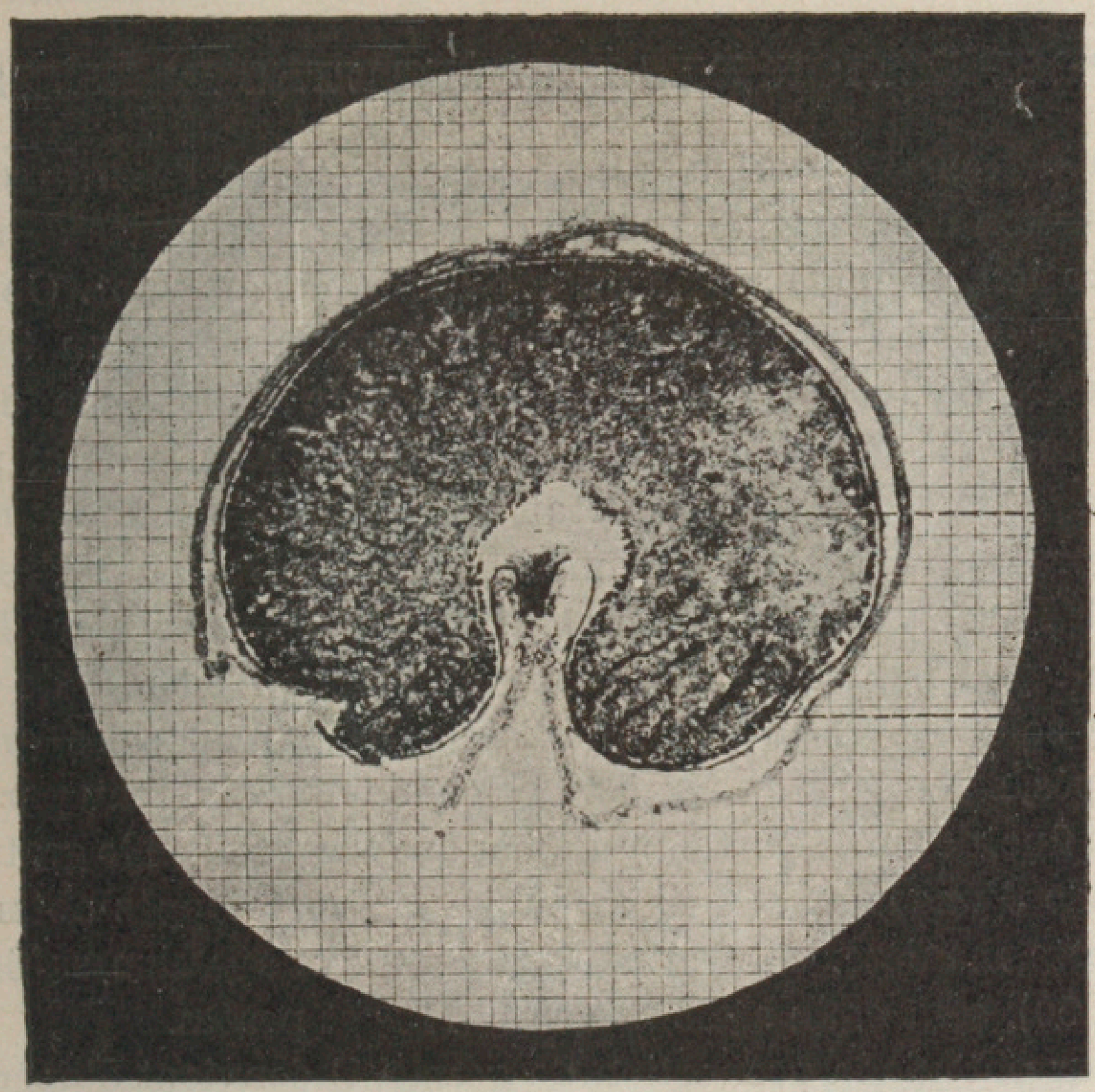
Phot. Aimé Girard.

Fig. 22. — Coupe longitudinale d'un grain de froment.
a, embryon ; *b*, albumen ; *c*, enveloppes ; *d*, poids radicellaires.

a été très complètement exposée par M. Lindet dans son traité de Meunerie : Le froment et sa mouture.

Le grain de blé est formé de deux parties (fig. 22 et 23) : le péricarpe, dû au développement des parois de l'ovaire, et la graine ; le péricarpe est lui-même formé de la superposition de trois membranes : l'épicarpe, le mésocarpe et l'endocarpe. Cette dernière membrane, la plus profonde, s'applique sur les enveloppes propres de la graine, et qui sont également au nombre de trois : le tégument séminal (ancien testa), la bande hyaline

(ancienne endoplèvre) et l'assise protéique (ancien tégument séminal). Sur une coupe microscopique, on distingue surtout cette assise protéique, qui est constituée par de grosses cellules à angles arrondis et contenant une matière jaunâtre qui est de l'aleurone imprégnée de matière huileuse, d'où le nom de



Phot. Aimé Girard.

Fig. 23. — Coupe transversale d'un grain de froment.
b, albumen ; *c*, enveloppes.

couche à aleurone, qu'on lui donne parfois. Enfin, au-dessous de ces différentes enveloppes, on trouve l'albumen ou amande farineuse. Cette connaissance superficielle des différentes parties du grain nous permet cependant de prévoir déjà la provenance des différents produits de la mouture : l'amande farineuse suffisamment pulvérisée donnera la farine ; les enveloppes, aussi bien celles du péricarpe que celles de l'amande, dont la mouture ne fait pas le départ, constitueront par leur réunion les sons ; enfin le mélange de ces deux produits extrêmes

formera toutes les qualités intermédiaires : farine bise, petits sons, bâtards, remoulages, etc. C'est pourquoi, nous plaçant exclusivement au point de vue qui doit préoccuper le meunier, nous étudierons dans le grain de blé les trois groupes formés par les enveloppes, l'amande farineuse, le germe.

PROPORTION DES DIFFÉRENTES PARTIES

La première question qui se pose, c'est de déterminer la proportion de ces différentes parties. Pour faire cette délicate séparation, Aimé Girard a adopté le procédé suivant. On fait tremper dans l'eau les grains à analyser pendant un temps variable, de trois à six jours. L'amande s'imprègne d'eau dans toute la masse, acquiert une certaine plasticité, et perd son adhérence, si forte à l'état sec, à la couche à aleurone. Ce trempage ne sépare nullement, au contraire, les différentes enveloppes les unes des autres. Ce traitement par l'eau ne fait pas perdre au grain une proportion sensible de matières solubles. Il ne reste plus enfin qu'à fendre les grains trempés, selon le sillon, et à vider chaque lobe, retenu par une pince fine, de toute particule d'amande farineuse, en le grattant à l'aide d'une lame de bois arrondie. Les enveloppes obtenues de cette manière, en traitant un nombre de grains suffisant (25 à 50), sont enfin séchées à 105°-110° et pesées.

Pour obtenir la proportion de germe, il convient d'opérer à sec : le grain est encore fendu, mais pas complètement, au moyen d'une lame fine ; en séparant ensuite les deux lobes, on voit apparaître le germe saillant, que l'on peut saisir à l'aide d'une pince effilée. Le poids du germe étant très faible, il faut opérer au moins sur 50 à 100 grains.

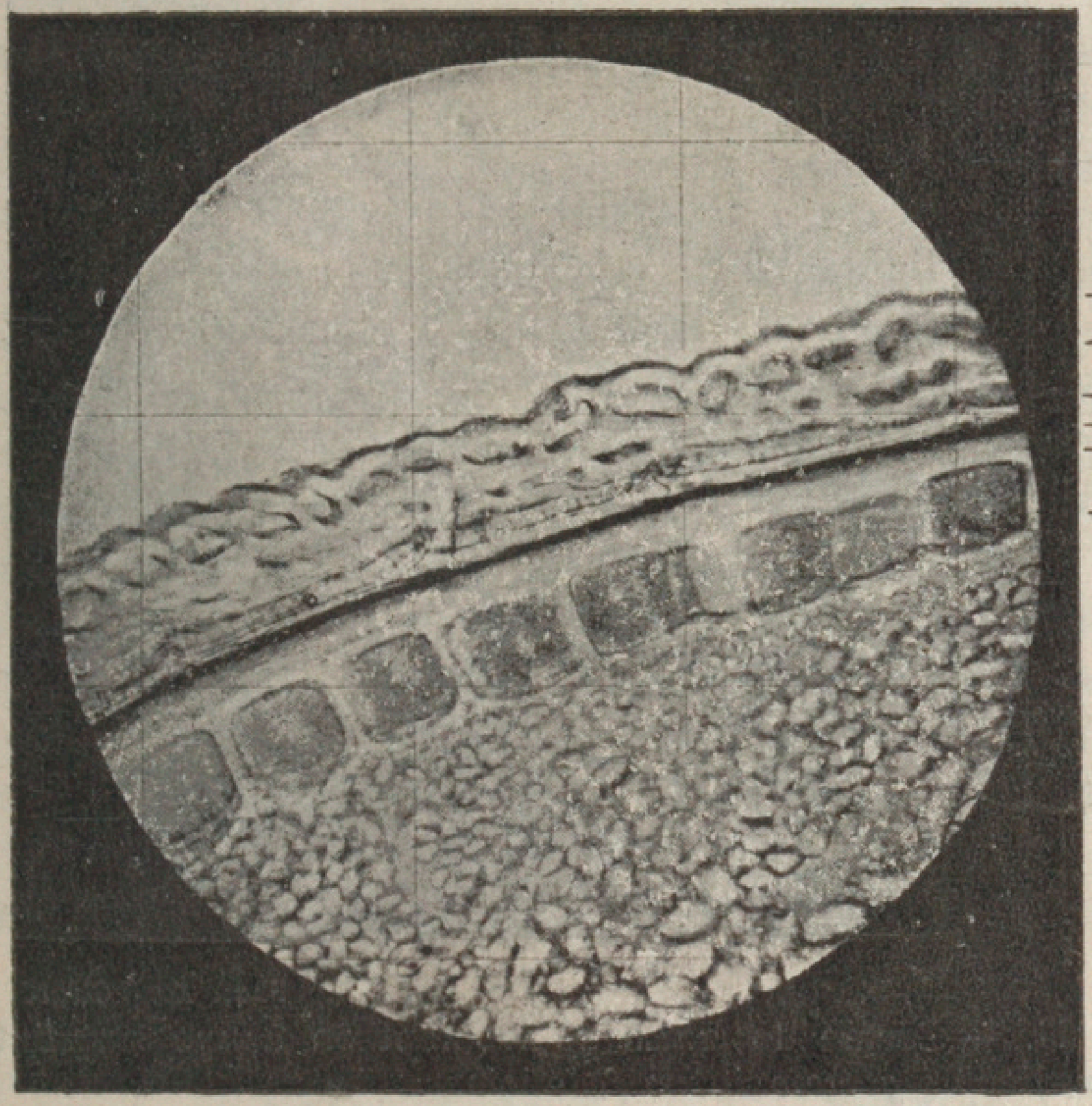
Aimé Girard a effectué ces déterminations sur sept variétés de blés, et il a obtenu comme résultats moyens les proportions suivantes, pour 100 parties :

Enveloppe	14,36
Germe	1,43
Amande	84,21

Nous verrons un peu plus tard, en parlant d'un autre travail :

« La composition des blés tendres français et étrangers », d'Aimé Girard et Fleurent, et dans lequel une autre méthode a été employée pour déterminer la proportion de ces trois mêmes parties, méthode qui conduit à des résultats plus exacts, que les chiffres à adopter sont :

Amande	83,01
Germe	1,43
Enveloppe	15,56



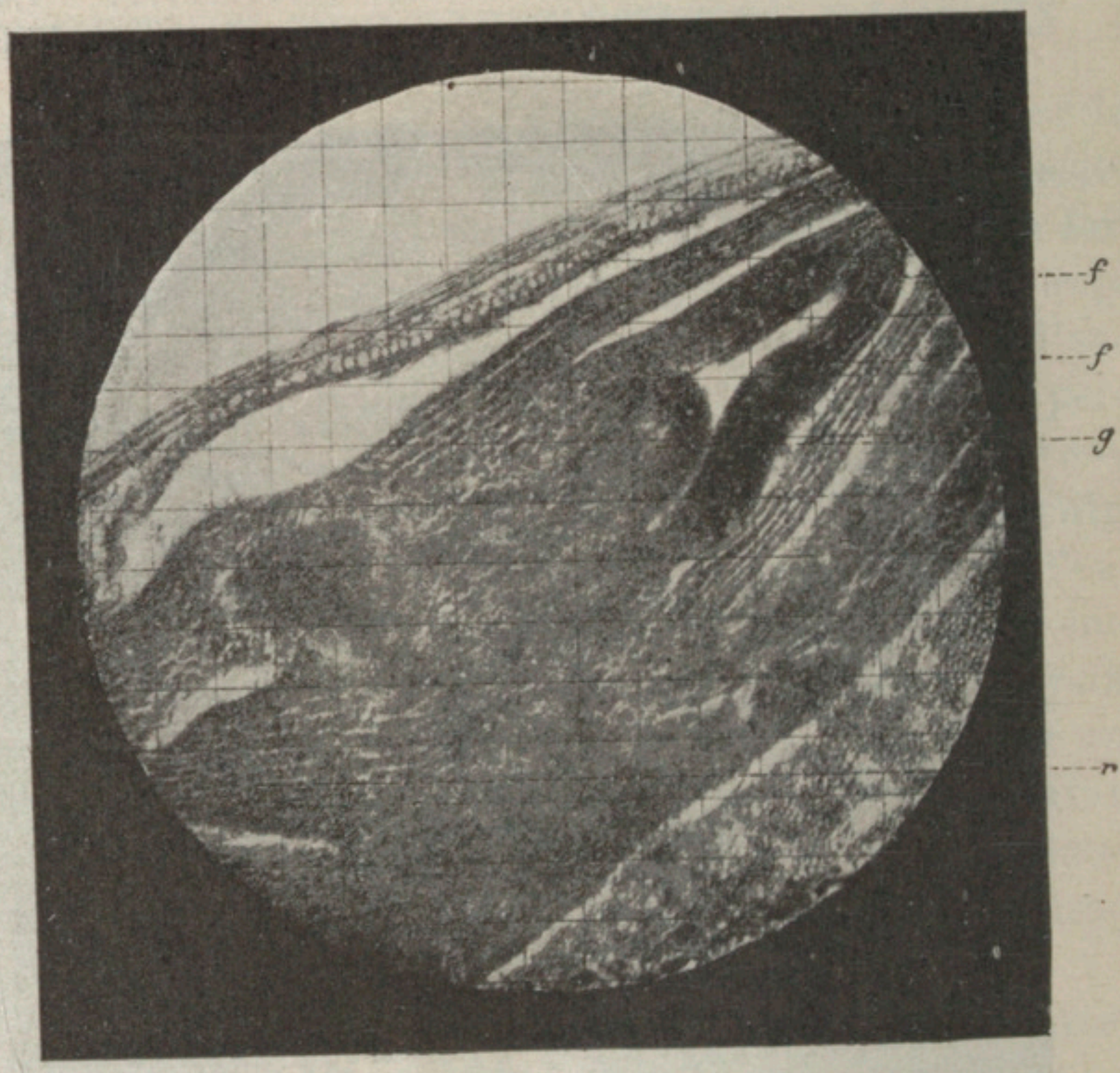
Phot. Aimé Girard.

Fig. 24. — Enveloppe du grain, vue en coupe transversale. *a*, épicarpe ; *b*, mésocarpe ; *c*, endocarpe ; *d*, tégument séminal ; *e*, bande hyaline ; *f*, assise protéique.

ÉTUDE DE L'ENVELOPPE

En étudiant à l'aide du microscope des coupes longitudinales et transversales de grain de blé (fig. 24), on voit que l'épaisseur de l'enveloppe est environ de 1/10 de millimètre, et que cette épaisseur se partage à peu près également entre le

péricarpe, d'une part, et les enveloppes propres du grain, d'autre part. Si l'on isole, comme il vient d'être dit, des enveloppes à l'état pur et que l'on en fasse l'analyse, on trouve que ces enveloppes renferment une grande proportion de matières azotées et de matières minérales, proportion supérieure à celle qui existe dans la farine elle-même. L'enveloppe du grain, prise en



Phot. Aimé Girard.

Fig. 25. — Germe du grain de froment en coupe longitudinale. *r*, radicule; *g*, gemmule ; *f*, folioles.

bloc, dose, en effet, de 2,80 à 3,10 p. 100 d'azote (en supposant les enveloppes desséchées), ce qui représente en moyenne 18,75 p. 100 de matières azotées, et 4,5 p. 100 de substances minérales (surtout phosphatées).

On conçoit donc qu'il soit important de savoir comment ces différentes substances se répartissent dans les assises de l'enveloppe, et jusqu'à quel point ces enveloppes elles-mêmes doivent être admises dans le produit final de la mouture.

En appliquant à l'étude microscopique des enveloppes

divers réactifs tels que l'eau iodée, la potasse, le chlorure de zinc iodé, Aimé Girard a pu établir que le péricarpe était entièrement formé de ligneux, c'est-à-dire de cellulose, et d'un peu de matière azotée, le tout étant imprégné de substances riches en carbone ; que la bande hyaline et les parois des cellules de l'assise protéique étaient constituées de cellulose et de matière azotée, tandis que le contenu des cellules de cette assise protéique ne renfermait pas de composés cellulosiques, mais des composés riches en azote, fortement agrégés et retenant au milieu de leur masse de fins globules de matière grasse.

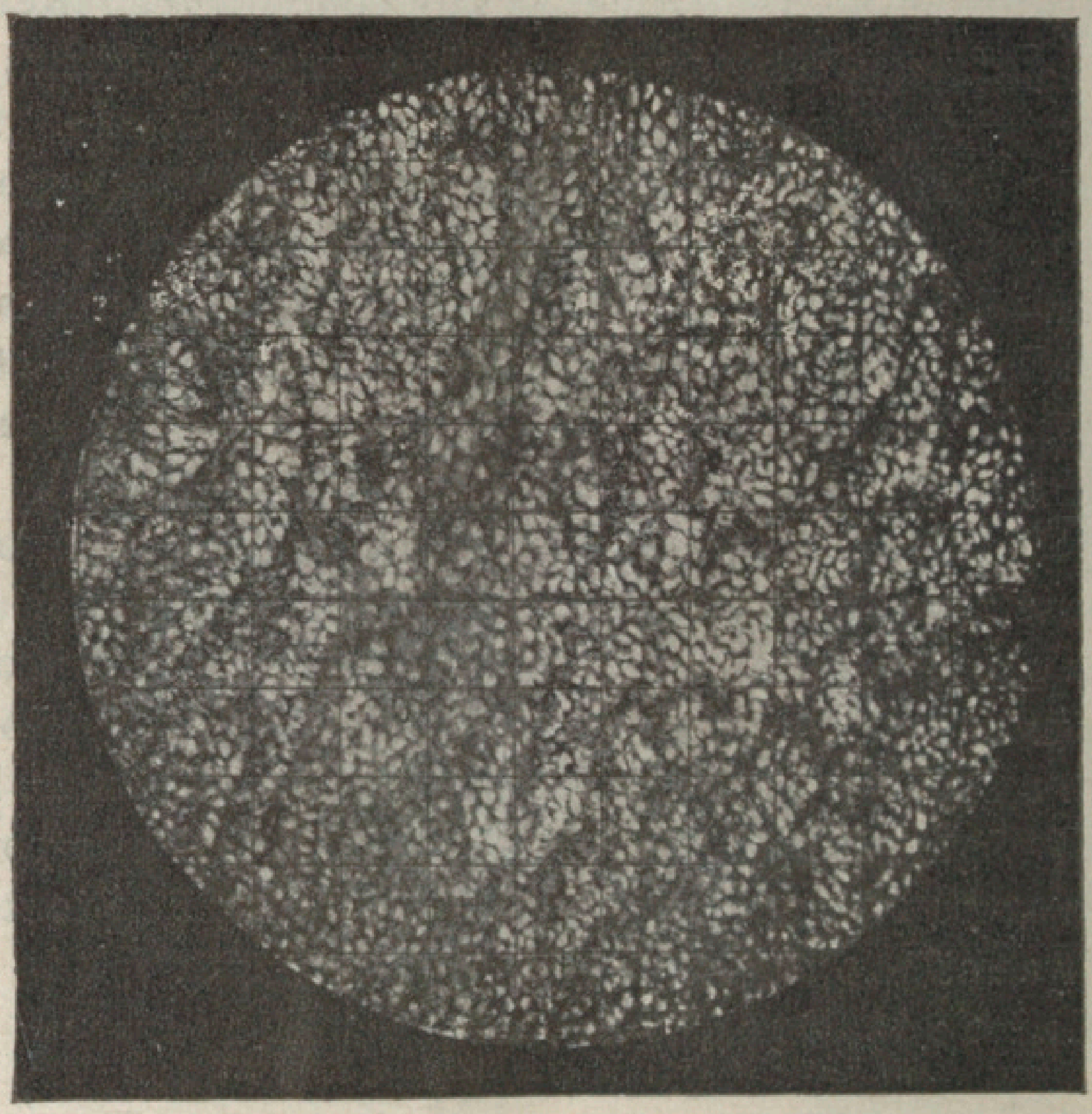
Poussant ensuite plus loin, et mettant à profit des procédés très élégants, mais extrêmement délicats, dont on trouvera le détail dans le mémoire original, Aimé Girard a établi la proportion relative des différentes assises dans l'enveloppe totale (distinguant tout au moins trois groupes : péricarpe, tégument séminal, bande hyaline associée à l'assise protéique) et a donné la composition chimique de chacun de ces groupes, établissant ainsi la répartition des substances minérales et des matières azotées, dont la présence était signalée un peu plus haut dans l'enveloppe considérée en bloc. La conclusion qui doit être retenue, c'est que la partie la plus riche, et de beaucoup, est le groupe bande hyaline et assise protéique pour les matières azotées, minérales et grasses. Le résumé de toutes ces recherches est contenu dans le tableau suivant :

Enveloppe : 14,36 p. 100 du grain :

Péricarpe.....	Eau.....	3,58	31,00
	Ligneux non azoté.....	24,43	
	Matières azotées.....	2,41	
	Matières minérales.....	0,58	
Tégument séminal.....	Eau.....	0,92	7,69
	Matières non azotées.....	5,06	
	Matières azotées.....	1,25	
	Matières minérales.....	0,46	
Bande hyaline et assise protéique.....	Eau.....	7,23	61,31
	Matières cellulosiques....	29,61	
	Matières azotées.....	15,21	
	Matières grasses.....	5.60	
	Matières minérales.....	3,66	
		100,00	

ÉTUDE DU GERME

Le germe (fig. 25), l'embryon de la future plante, comprend, comme éléments anatomiques, l'embryon proprement dit (avec sa gemmule et sa radicule), et le scutellum, organe qui entoure



Phot. Aimé Girard.

Fig. 26. — Coupe longitudinale de l'amande.

l'embryon, le sépare de l'amande ; ce scutellum est considéré comme un cotylédon. Les cellules qui constituent le germe sont remplies d'une matière compacte, renfermant de nombreuses gouttelettes huileuses, plus nombreuses encore dans les cellules du scutellum que dans celles de l'embryon lui-même. Ce contenu cellulaire est de nature azotée, comme le contenu des cellules de l'assise protéique; mais ces matières azotées du germe sont molles, et se laissent facilement attaquer par les différents réactifs, alors que les matières azotées

de l'assise protéique étaient, au contraire, dures et très difficilement attaquables. La coloration générale de l'embryon est d'un jaune prononcé, et les débris de germes mélangés aux produits de la mouture les teintent comme le font également les débris de l'assise protéique. Les cellules de l'embryon, seules, renferment de l'amidon. Enfin, M. Lucas a montré que le germe contenait, et presque à lui seul, toute l'essence odorante, qui donne à la farine fraîchement préparée son parfum caractéristique. Aimé Girard a analysé les germes de blé, en faisant porter ses analyses sur des germes isolés un à un ; la seule préparation de l'échantillon nécessite déjà un labeur considérable, puisque 1 200 à 1 300 germes ne représentent que 1 gramme de matière.

Le germe, qui ne représente qu'une faible partie du grain (1,43), est une matière extrêmement riche ; sa teneur moyenne en azote est de 6,84, soit 42,75 p. 100 de matières azotées ; la proportion de matière grasse, extraite à la benzine, est de 12,50 ; la quantité des cendres est de 5,3. Ces matières minérales renferment une grande proportion d'acide phosphorique, 0,741, dont les deux tiers sont sous forme d'acide phosphorique soluble (phosphate de soude et de potasse), et un tiers insoluble (phosphate de chaux et de magnésie). La proportion d'eau contenue dans les germes est, en moyenne, de 11,55 p. 100.

ÉTUDE DE L'AMANDE FARINEUSE

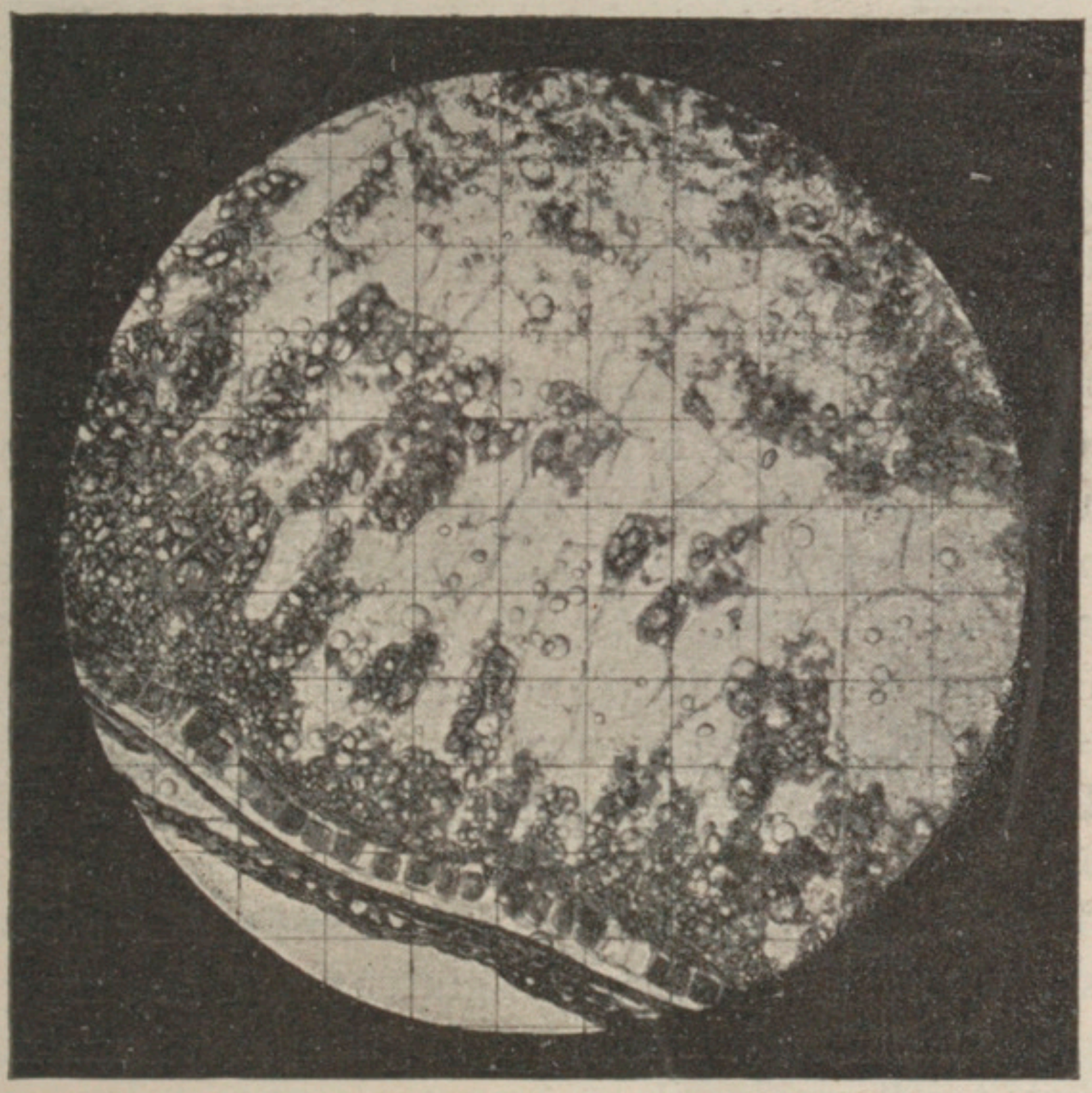
L'albumen, ou amande farineuse, est la partie du grain la plus intéressante, puisque c'est elle qui, en fin de compte, nous fournira notre farine panifiable. La structure de cet albumen a été étudiée par Payen, puis plus complètement par Aimé Girard. Le corps du grain de blé (fig. 26) est constitué par un assemblage de grandes cellules, de forme allongée, mesurant de 2 à 3/10 de millimètre dans un sens et 1/10 de millimètre environ dans l'autre. Les parois de ces cellules sont transparentes (fig. 27) molles et minces. Aimé Girard, qui a su les isoler, a reconnu qu'elles étaient constituées de la même façon que la bande hyaline et les parois cellulaires de l'assise pro-

téique, c'est-à-dire de cellulose, imprégnée de matière azotée. Le contenu de ces grandes cellules est formé à peu près exclusivement de deux substances : d'amidon et d'une matière azotée, le gluten.

Si on examine au microscope la coupe d'un grain de blé, on reconnaît que les grains d'amidon ne sont pas partout identiques sur toute l'étendue de la coupe. Les cellules périphériques, les plus voisines des enveloppes, contiennent des grains d'amidon de petites dimensions, dont le diamètre peut descendre à 1/100 ou 1/150 de millimètre. A mesure qu'on examine des cellules de plus en plus rapprochées du centre du grain, on voit le diamètre des grains d'amidon augmenter progressivement, de sorte que les cellules centrales renferment les grains les plus gros, dont le diamètre peut atteindre 1/40 de millimètre. Il découle immédiatement de ce fait, que l'espace laissé libre entre les grains d'amidon sera plus considérable dans les régions périphériques que dans les régions centrales du grain, et que, par suite, la proportion de gluten, logé entre les grains amylacés, sera maxima sur le pourtour de l'amande farineuse et minima en son centre. Les variétés de blé, fournissant des grains allongés, seront pour cette raison plus riches en gluten que les variétés à grains ronds, ces derniers ayant une surface moindre que les premiers. Si, avec une même variété de blé, on prépare des farines contenant ou non les parties périphériques du grain, c'est-à-dire si l'on extrait du même blé une mouture à un taux d'extraction décroissant, comme ce sont les parties centrales de l'amande qui figurent seules dans les produits à basse extraction, on aura des marchandises de plus en plus riches en gluten, à mesure que l'on fera croître la proportion de farine obtenue. M. Fleurent a fait cette étude sur six variétés de blé, ayant donné 60 et 70 p. 100 de farine.

	Gluten p. 100 de farine.	
	Extraction 60.	Extraction 70.
Blé Goldendrop.....	6,90	7,11
— de Bordeaux.....	8,70	9,00
— Dattel.....	8,30	8,60
— gris de Saint-Laud.....	8,00	8,20
— Choice White Bombay.....	8,53	8,77
— Oulka de Bessarabie.....	11,70	11,90

On peut donc se représenter l'amande farineuse du grain de blé comme constituée par un réseau de gluten, dans les mailles duquel seraient logés des grains d'amidon, les mailles étant de plus en plus petites à mesure que l'on se rapprocherait des bords du réseau. L'existence de ce réseau glutineux peut être mise en évidence. M. Prillieux a montré que les micrococcus, qui causent l'altération des grains de blé roses, font dis-



Phot. Aimé Girard.

Fig. 27. — Réseau cellulaire partiellement débarrassé de gluten et d'amidon.

paraître d'abord l'amidon, laissant intact le gluten qui se montre tout creusé de petites vacuoles. On peut également obtenir le même résultat par la méthode employée par Aimé Girard, et qui consiste à faire agir sur une coupe de grain de blé une solution de diastase : l'amidon, au bout d'un certain temps, est complètement dissous ; si on examine au microscope une coupe ainsi traitée (fig. 28), rien ne semble changé au premier abord, on voit le réseau foncé de gluten tout parsemé de taches incolores, qui occupent la place des grains d'amidon et

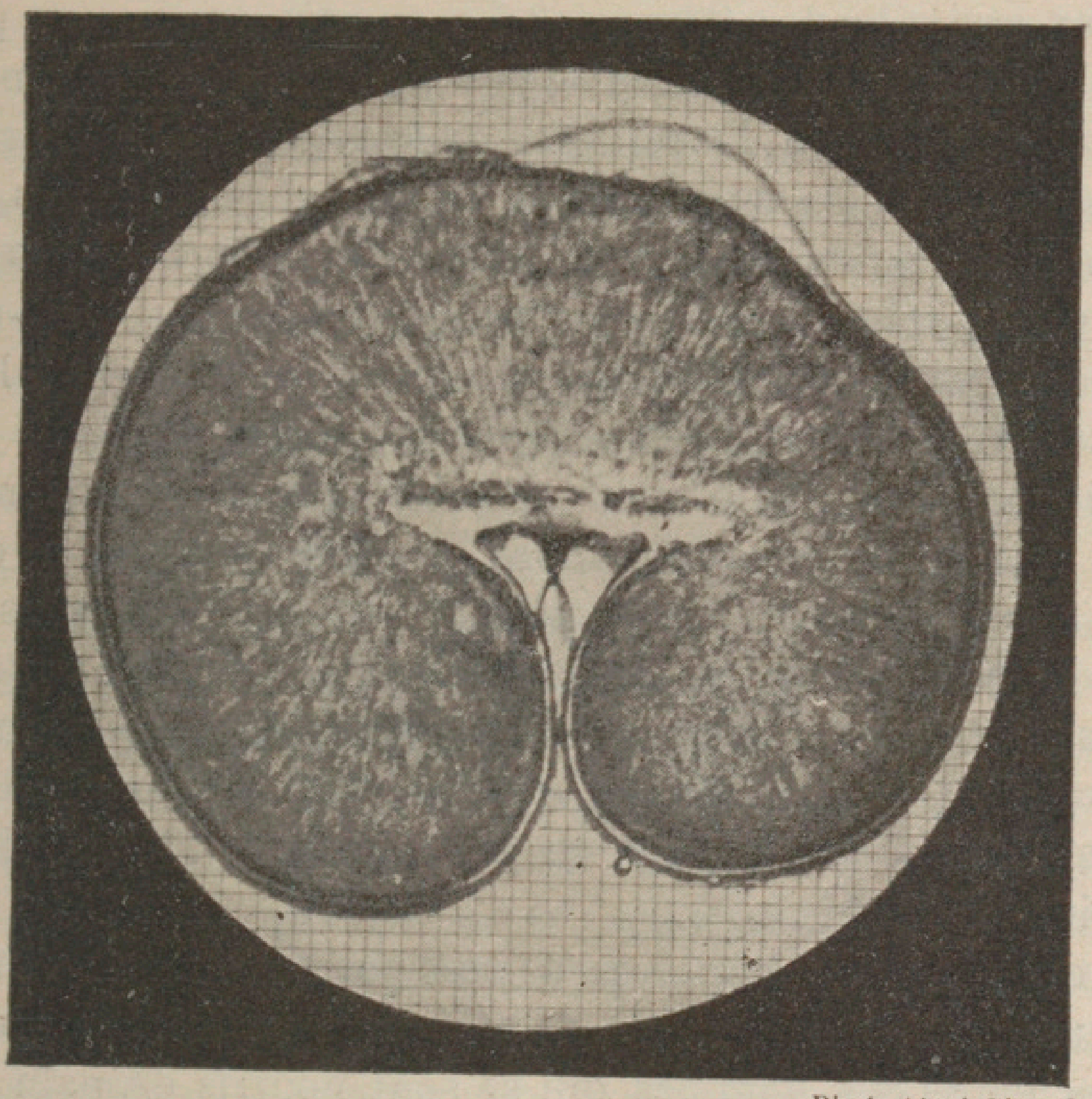
qui semblent être ces grains eux-mêmes ; mais, si l'on traite la préparation par l'eau iodée, rien ne bleuit, le réseau de gluten est en réalité tout creusé maintenant de cavités, qui logeaient auparavant les grains d'amidon enlevés par l'action de la diastase.

La détermination de la nature de la matière azotée, du gluten contenu dans le grain de blé, a donné lieu à bien des travaux. Le gluten du blé est la seule des matières azotées contenues dans les céréales, qui jouisse de la propriété de se souder sous l'action d'un malaxage en présence de l'eau, en donnant une pâte élastique et plastique. C'est cette propriété caractéristique du blé, que l'on met à profit pour obtenir des pains levés, toutes les autres céréales fournissant des pains compacts et qui n'ont en réalité du pain que le nom. On a longtemps soupçonné que le gluten n'était pas une matière simple ; mais ce sont les travaux de Ritthausen, d'Osborne et Woorhees, de Fleurent, qui ont donné la solution de la question, en permettant de séparer dans le gluten trois constituants : la gliadine, la gluténine, et la conglutine, cette dernière n'existant à la vérité que dans une faible proportion. Nous verrons, dans la seconde partie de cet ouvrage, en nous occupant de l'examen des farines pour la panification, les procédés qui permettent de doser le gluten global, et chacun de ses éléments constitutifs ; nous verrons également quelle proportion doit exister entre eux pour que le gluten soit de bonne qualité boulangère. Disons seulement que la gliadine est une matière visqueuse, tandis que la gluténine est, au contraire, un produit sec et pulvérulent. Les procédés qui ont permis à M. Fleurent de séparer la gliadine de la gluténine lui ont également montré que la composition du gluten variait dans les couches profondes et dans les couches superficielles ; la matière azotée de la périphérie contient plus de gluténine et moins de gliadine que la matière azotée du centre de l'amande.

La proportion des deux éléments constitutifs principaux de l'amande farineuse du grain de blé peut varier, pour l'amidon, de 73,68 à 68,12 p. 100, et pour le gluten, de 6,58 à 13,80 pour des farines de blé tendre, extraites dans la proportion de 70 kilogrammes de farine pour 100 kilogrammes de blé.

L'hydratation est comprise entre 14,65 et 12,50 p. 100.

Enfin, à côté du gluten et de l'amidon, on trouve encore d'autres corps : sucre, gommes, matières minérales et matières



Phot. Aimé Girard.

Fig. 28. — Réseau glutineux mis en liberté par la dissolution de l'amidon.

grasses. La proportion de ces différents principes sera donnée à propos de l'étude de la composition des différentes variétés de blés.

VALEUR ALIMENTAIRE DES DIFFÉRENTES PARTIES DU GRAIN DE BLÉ

Dans la triple étude précédente, nous avons vu que les trois parties constitutives du grain de blé, enveloppes, germe et amande, renfermaient toutes des matières azotées, des matières hydrocarbonées, des matières grasses et des matières minérales. Faut-il conclure aussitôt que ces trois parties doivent également

figurer dans le produit alimentaire final, et que le meunier devra réduire en farine le grain tout entier? Les trois parties constitutives du grain sont-elles toutes alimentaires, pour l'homme? notre organisme est-il capable de les transformer pour en assimiler les éléments? La question que nous posons ainsi a donné lieu à des discussions ardentes, les uns prétendant que le pain devrait être complet et comprendre tout ou presque tout le grain, quitte à être bis et grossier; les autres réclamant au contraire du pain blanc, préparé avec de la farine provenant exclusivement de l'amande farineuse. Doit-on éliminer une partie des produits moulus? faut-il livrer à la consommation le résultat d'une mouture intégrale? telle est la question que nous allons maintenant examiner. Faisons toutefois remarquer dès maintenant que le pain blanc a, de nos jours, cause gagnée, et que le pain bis est de plus en plus rejeté de la consommation, et cela à juste titre. Il nous faut donc voir successivement, et pour chacune des trois parties dont nous avons étudié la constitution, quelle est sa valeur alimentaire et quel effet elle est capable de produire si on l'introduit dans la farine panifiable.

La question, à la vérité, ne se pose pas à propos de l'amande farineuse; nous avons, à ce propos, l'expérience plusieurs fois séculaire des hommes qui se sont nourris de pain et qui ont pu assimiler l'amidon et le gluten de cette amande. On peut toutefois mettre ce fait en évidence par une expérience directe: si on prépare un pain à l'aide de farine de gruaux, provenant exclusivement des parties centrales des grains, et que l'on soumette des tranches de ce pain à l'action successive de la diastase et de la pepsine, on voit la masse du pain disparaître peu à peu, et donner finalement un liquide presque transparent; à la surface, on trouve seulement quelques traces de matière grasse; au fond du récipient, on aperçoit un léger dépôt constitué par les débris des parois cellulaires de l'amande. Ce dépôt presque insignifiant représente la seule partie de l'albumen dont l'organisme humain ne puisse pas tirer parti, mais la proportion de cette matière inassimilable est tellement faible que l'on peut dire que l'amande farineuse est tout entière alimentaire pour l'homme. En est-il de même pour les enveloppes

et pour le germe? Il convient ici de faire une distinction entre le péricarpe et le tégument séminal d'une part, la bande hyaline et l'assise protéique d'autre part. Le péricarpe renferme bien 2,41 p. 100 de matières azotées et le tégument séminal 1,25 p. 100 ; mais ces deux groupes d'enveloppes représentent une partie très faible du grain, de sorte que la quantité de matière azotée qui serait apportée de ce chef, si on réalisait la mouture complète, ne serait que de 0,346 pour le péricarpe et de 0,179 pour le tégument séminal, proportion extrêmement peu importante, soit 3/1000 et 2/1000 du poids du grain entier. Mais, en outre, ces tissus du grain n'ont aucune valeur alimentaire ; leur composition les rapproche tout à fait de l'écorce du bois, et l'on sait que les matières de ce genre ne peuvent en aucune façon entrer dans l'alimentation de l'homme.

Le cas de la bande hyaline et de l'assise protéique, qu'il nous faut toujours considérer ensemble, puisque nous ne connaissons aucun réactif capable de les séparer, est plus complexe. Ces substances représentent, en effet, en poids 8,8 p. 100 du grain, et leur richesse en azote est telle que la quantité de matière azotée qu'elles nous apporteraient représenterait 2,194 p. 100 du poids du grain ; ce qui n'est nullement négligeable, surtout si l'on se souvient que, parmi cette matière azotée, celle qui garnit les cellules de l'assise protéique est parfaitement capable de se solubiliser. Nous allons voir cependant que même ces parties de l'enveloppe doivent être rejetées de notre alimentation, tout d'abord parce qu'elles ne sont pas assimilables par notre organisme, et ensuite parce qu'elles exerceraient la plus funeste influence sur la bonne fabrication de notre pain.

L'idée que le son n'a aucune valeur alimentaire n'est pas à vrai dire toute nouvelle ; Béguillet, en 1776, écrit que le son « nuit à la conservation des farines, tache leur blancheur, rend le pain aigre, bis, etc., qu'il fait poids et non nourriture ». En 1782, Parmentier émettait la même opinion : « Le son introduit dans le pain fait du poids et non du pain ; il rend le pain lourd et mat et l'empêche de se conserver ». Cependant l'opinion contraire trouvait également des défenseurs. Liebig, confondant avec le gluten l'aleurone contenu dans

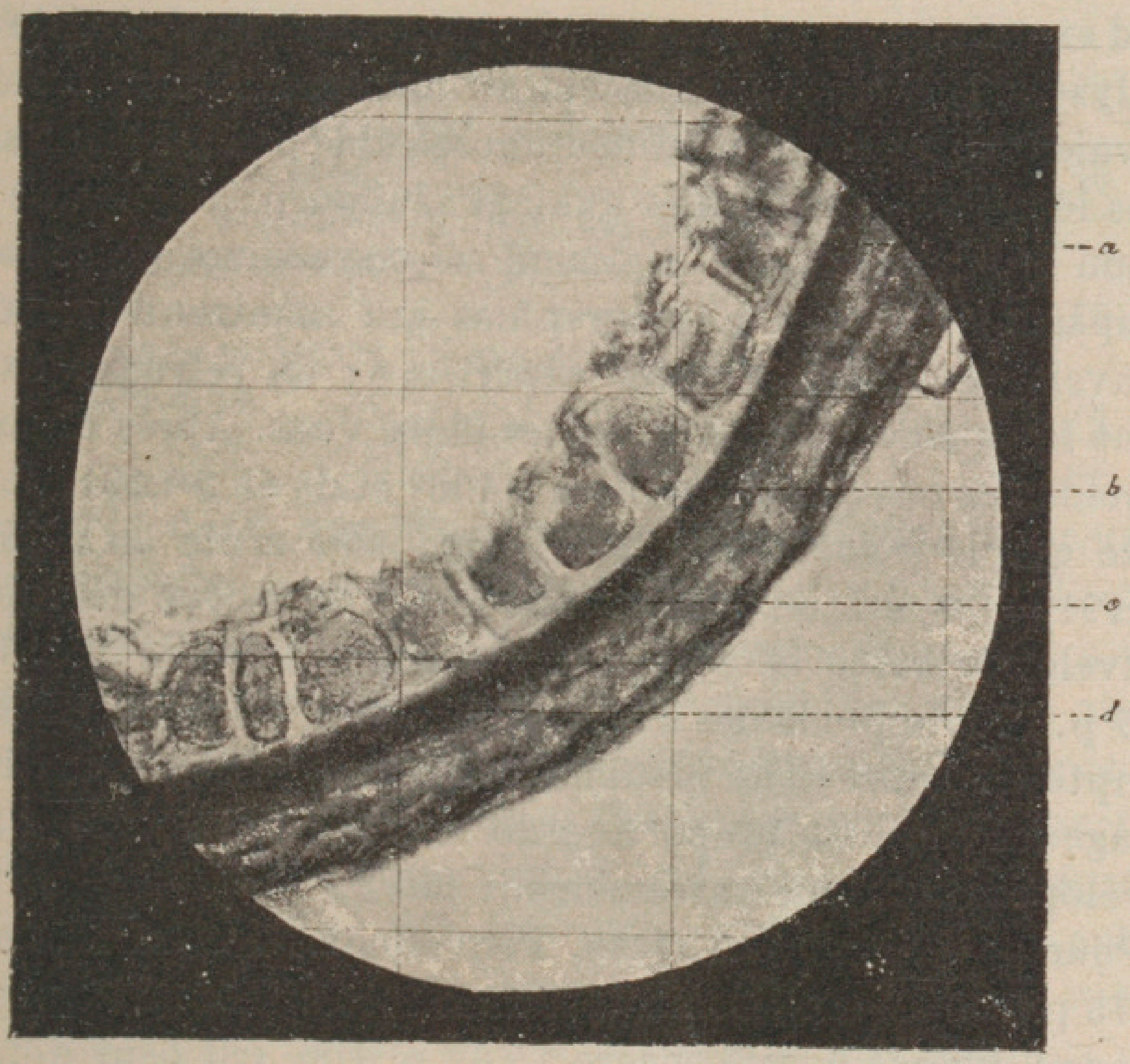
les cellules de l'assise protéique, pensait, en effet, que « la séparation du son d'avec la farine est une affaire de luxe, plus nuisible qu'utile à la nutrition ».

C'est Poggiale qui a, le premier, tenté de démontrer expérimentalement la non-assimilabilité du son ; il fit deux séries d'essais : dans la première, un poids déterminé de son fut ajouté à la nourriture de deux chiens ; le son, séparé des matières excrémentitielles et analysé, n'accusa qu'une perte de 23 p. 100 de son poids en matières grasse, amylacée et azotée. Dans les secondes expériences, un même poids de son, après avoir successivement traversé les tubes digestifs de deux chiens, puis d'une poule, contenait encore, après ces trois digestions 3,52 p. 100 de matières azotées. On peut faire à ces expériences les critiques que le son contient toujours à sa face interne une partie assimilable provenant de l'albumen, le son n'étant pas exclusivement constitué par des enveloppes pures, et que, en outre, les tubes digestifs des animaux mis en expérience peuvent ne pas avoir la même puissance que le tube digestif humain.

M. Rathay, professeur à l'Institut royal de Klosterneubourg, poussant les choses plus loin et voulant se mettre à l'abri des critiques précédentes, opéra sur lui-même en se nourrissant exclusivement pendant plusieurs jours avec du pain complet dit de Graham, pain préparé au moyen du produit de la mouture grossière de grains complets. En examinant ensuite avec soin au microscope les enveloppes isolées des matières rejetées, M. Rathay a constaté que, par leur structure anatomique, elles étaient absolument identiques à ce qu'elles étaient avant d'être ingérées. Cette expérience, déjà concluante, est pourtant encore incomplète parce qu'elle n'est que qualitative et n'a pas porté sur un poids connu d'enveloppes. C'est Aimé Girard qui a résolu la question d'une façon définitive, en se prenant lui-même comme sujet d'expérience, en 1883.

« Étant en pleine santé et dans des conditions excellentes de faculté digestive, j'ai fait intervenir à mon alimentation une quantité soigneusement pesée d'enveloppes pures de grain de froment, pour ensuite recueillir pendant cinq jours, peser et analyser les enveloppes rejetées à la suite du travail de la di-

gestion. » L'appareil digestif avait été d'abord débarrassé, par un procédé thérapeutique, sur lequel il est inutile d'insister, des résidus que l'alimentation antérieure avait pu y emmagasiner ; puis, ce résultat atteint, Aimé Girard s'alimenta au moyen de matières solubles, ou amenées par le broyage à un état de finesse extrême, tel que ces substances même non di-



Phot. Aimé Girard.

Fig. 29. — Enveloppe ayant traversé l'appareil digestif de l'homme.

gérées fussent incapables de laisser un résidu sur un tamis très fin, du nº 25. Puis, après deux jours d'une pareille préparation, $5^{gr},673$ d'enveloppes desséchées, représentant un volume de 75 centimètres cubes environ, furent absorbées, sans être soumises à la mastication. Ces enveloppes avaient été préalablement lessivées à l'eau tiède, de façon à être débarrassées de toutes matières solubles (ces matières représentaient 15,69 p. 100 de l'enveloppe sèche, comprenant 2,40 de matière azotée). Ces matières solubles jouissent, en effet, de propriétés

laxatives bien connues, qui auraient pu, en apportant des troubles dans le fonctionnement de l'appareil digestif, fausser les résultats de l'expérience. Ces matières se seraient évidemment solubilisées pendant la digestion, et il a suffi d'en tenir compte dans le calcul final.

Les matières rejetées furent soigneusement passées au tamis n° 25; les enveloppes, lavées avec le plus grand soin, furent d'abord examinées au microscope (fig. 29), puis desséchées, pesées et analysées. L'examen microscopique montra que les enveloppes n'avaient subi aucune modification sensible pendant leur séjour dans le tube digestif ; elles avaient seulement acquis une coloration brune. On peut aisément se convaincre de ce fait en comparant les deux photographies qui montrent une coupe d'enveloppe avant et après expérience ; on retrouve exactement les mêmes éléments sur les deux vues. Après digestion, le poids des enveloppes séchées à 100° était de $5^{gr},191$, de telle sorte que le poids retenu par l'organisme a été de $5^{gr},673 - 5^{gr},191 = 0^{gr},482$, ce qui correspond à 8,50 p. 100 du poids de l'enveloppe lavée et séchée (en réalité, ce poids représente 6,77 p. 100 du poids des enveloppes réelles du grain, en tenant compte du traitement préalable à l'expérience, dessiccation et lavage à l'eau). La proportion de matière abandonnée par les enveloppes est donc extrêmement faible.

Pour ce qui est de l'azote, l'enveloppe fraîche renfermait 18,75 p. 100 de matière azotée, dont 2,40 soluble à l'eau ; l'enveloppe digérée dosait encore 15,62 p. 100. On peut donc admettre que l'acte de la digestion a solubilisé seulement $(18,75 - 2,40) - 15,62 = 0,73$ de matière azotée, soit tout au plus 1 p. 100 de l'enveloppe entière prise dans son état naturel.

Pour les matières minérales, les résultats de l'expérience sont différents : avant l'expérience, les enveloppes renfermaient 4,77 p. 100 de leur poids de matières minérales, fusibles et phosphatées ; après l'expérience, au contraire, l'analyse a montré qu'il restait seulement 1,31 p. 100 de matières minérales ; il était donc entré en dissolution dans l'organisme $4,77 - 1,31 = 3,46$ p. 100 de matières minérales du poids de l'enveloppe ; ce qui représente une proportion des trois quarts.

Remarquons maintenant que la somme des matières azotées

et minérales retenues par l'organisme est de 0,73+3,46=4,19 et que, pour retrouver la perte totale de 6,77, il faut admettre qu'il y a fixation de matières ternaires, ou que, ce qui est au moins aussi plausible, il y a quelques pertes inévitables dans la récolte des produits excrétés. Pour résumer cette expérience mémorable, on peut exprimer sous le rapport de la digestibilité la composition des enveloppes du grain de blé de la façon suivante :

Eau.....	11,55
Matières solubles dans l'eau (contenant 2,25 de matière azotée).....	13,90
Matières digestibles ou perdues, contenant 0,73 de matière azotée, et 3,46 de matière minérale.	6,77
Matières résistant à l'eau et aux agents de la digestion.....	67,78
	100,00

On voit donc que, en ajoutant à la farine alimentaire 100 parties d'enveloppes, on ne gagne que 13,90+6,77=20,67 de matières solubles, dont 2,98 de matières azotées et 3,46 de matières minérales. L'enrichissement pour l'azote est absolument insignifiant; pour les matières minérales, le gain pourrait être un peu plus sérieux; mais, si l'on songe que, d'une part, cet appoint de matières minérales (d'acide phosphorique surtout) est largement réalisé par les autres substances qui entrent dans l'alimentation journalière en même temps que le pain, et que, d'autre part, l'addition des enveloppes aux produits panifiables produit le plus fâcheux résultat, comme nous allons le voir maintenant, on conclura d'une façon très nette que les enveloppes du grain doivent être complètement éliminées des produits destinés à notre nourriture.

Tout d'abord, l'assise protéique renferme dans ses cellules, une certaine proportion de matière grasse, 5,60 p. 100. Cette matière grasse est une huile de coloration jaune, douée d'une odeur agréable lorsque l'huile est fraîchement préparée, mais qui, d'une part, rancit très rapidement, communiquant à la farine un goût et une odeur désagréables, et qui, d'autre part, s'acidifie, et exerce par là une action fâcheuse sur le gluten en lui faisant perdre peu à peu toute son élasticité.

En second lieu, parmi les produits solubles, figure un agent laxatif, qui vient troubler la fonction de la digestion, et qui ne saurait être recherché que dans certains états pathologiques.

En troisième lieu, et c'est là la raison la plus importante qui doit nous faire écarter les enveloppes de blé de notre alimentation, on trouve parmi les produits solubles abandonnés à l'eau par l'assise protéique, une substance signalée par Mège-Mouriès, dans ses travaux de 1835-1860, à laquelle il a donné le nom de céréaline ; cette substance a pour effet de rendre le pain bis, de saccharifier une partie de l'amidon, en faisant grasse la mie du pain, et enfin de diminuer l'élasticité du gluten, empêchant par suite le pain de lever. On peut mettre cette action en évidence en enlevant à du son la céréaline qu'il contient par un lavage à l'eau, et en faisant servir ensuite cette eau au pétrissage d'une farine de bonne qualité : on obtient toujours dans ces conditions du pain bis.

La nature de la céréaline a été longtemps mal connue ; on sait maintenant que la céréaline doit être rangée dans la catégorie des ferments solubles ou diastases, et que en réalité elle contient, non pas un seul ferment soluble, mais plusieurs. La saccharification de l'amidon est due à la diastase, isolée par Payen et Persoz, qui est un mélange d'amylase et de dextrinase et qui liquéfie progressivement l'amidon en le transformant en dextrine et en maltose. Une protéase s'attaque à la matière albuminoïde, solubilisant le gluten partiellement et le transformant en peptone ; puis une autre diastase, de la même famille, appelée par M. Gabriel Bertrand gluténase, agissant également sur les matières azotées du son, donne une substance analogue à la tyrosine. Enfin une dernière diastase, appartenant à la famille des oxydases, mises en lumière par M. Lindet et par M. G. Bertrand, et qui porte dans le cas qui nous occupe le nom de tyrosinase, fixe l'oxygène de l'atmosphère sur la tyrosine précédemment formée, pour donner un produit fortement coloré en brun noir. Tel est le mécanisme de la formation du pain bis sous l'action de la céréaline.

Enfin, il y a quelques faits qui expliquent pourquoi les farines bises, c'est-à-dire chargées de débris d'enveloppes,

donnent des produits de qualité inférieure : M. Fleurent a établi que la proportion de gluténine était trop considérable dans ces farines ; MM. Lindet et Ammann ont montré dans les eaux de lavage de la farine bise la présence d'une matière mucilagineuse, dont la présence empêche mécaniquement la réunion du gluten, la gomme s'interposant entre les particules qui sont sur le point de se souder. Les mêmes auteurs ont également montré que la farine bise empêchait encore la bonne panification par les débris mêmes qu'elle apporte : ces débris, quand ils sont en nombre suffisant, peuvent empêcher complètement la réunion des particules glutineuses.

En dernier lieu, les farines bises sont toujours beaucoup plus acides que les farines de bonne qualité, et c'est encore là une cause qui influe défavorablement sur la qualité du pain.

On voit donc que les raisons sont nombreuses : défaut de digestibilité et mauvaise influence sur la panification, qui militent pour le rejet des enveloppes, et que c'est à juste titre que nous avons prononcé leur exclusion des produits de la mouture.

Il reste encore une partie du grain dont nous n'avons rien dit dans tout ce qui précède, et c'est le germe. Doit-il ou non figurer parmi les substances alimentaires? Le germe ne représente qu'une faible partie du grain, 1,43 p. 100 de son poids, mais on se souvient que ce germe est une matière très riche, de telle sorte que son introduction dans le compost alimentaire apporterait :

Matières azotées	0,611
Matières solubles non azotées	0,318
Matières grasses	0,178
Matières minérales	0,075

La plus grande partie de la matière azotée du germe semble se solubiliser très aisément. Cette matière azotée est, du reste, formée de la réunion de plusieurs substances, dont les unes se coagulent à froid en quelques heures, d'autres se coagulent à 40°, d'autres enfin résistent même à 100°. Plusieurs doivent avoir une réelle valeur alimentaire. Mais, parmi les substances solubles fournies ainsi par le germe, nous retrouvons la céréaline,

dont nous avons signalé la funeste action à propos des enveloppes.

Aimé Girard a mis en évidence la mauvaise influence des germes de la manière suivante : Trois pains furent préparés au moyen d'une farine de gruau de qualité supérieure, pains tout semblables pour le poids, les dimensions et l'hydratation ; mais, pour le pétrissage du premier, on avait employé de l'eau pure ; de l'eau provenant de la macération d'un poids d'enveloppe représentant 14,36 p. 100 du poids du grain, pour le second ; de l'eau tenant en suspension des germes finement broyés et représentant 1,43 p. 100 du poids des grains, pour le troisième. Ces pains, faits dans les mêmes conditions, ont montré de grandes différences : le premier avait une couleur très satisfaisante, le second était gris et le troisième avait une teinte bise plus prononcée encore que celle du second. Cette expérience montre que le germe contient une proportion très notable de céréaline, supérieure encore à celle qui est contenue dans l'enveloppe.

C'est là une première raison pour rejeter le germe des produits panifiables ; mais il en existe encore une autre : nous avons signalé dans le germe la présence d'une forte proportion de matière grasse (12,50 p. 100), et cette matière grasse est très aisément oxydable ; au moment de sa préparation, elle possède un goût de noisette caractérisé, mais, au bout de quelques jours, elle devient épaisse et visqueuse, se remplit de matière résineuse solidifiée et insoluble dans la benzine. Le parfum agréable fait en même temps place à l'odeur spéciale des graisses rancies. Et c'est pourquoi, malgré les matières utiles que le germe pourrait apporter, il faut l'exclure comme les enveloppes des produits alimentaires.

On peut résumer toute cette question en exprimant en calories, comme l'a fait M. Fleurent, la valeur énergétique des différentes parties du grain de froment :

1 kilogramme d'albumen à 14 p. 100 d'eau a une valeur énergétique moyenne de 3 300 calories. D'après ce que nous nous avons vu, 1 kilogramme de grain contient $830^{gr},10$ d'amande farineuse, ce qui représente en calories une valeur de 830 grammes à 3 300 calories par 1 000 grammes = $2739^{cal},3$.

Lesenveloppes, en les supposant assimilables, apporteraient, d'après les chiffres donnés plus haut :

23gr,70 de matières azotées dont le coefficient en calories est de 3,68, soit : 87,2 ;

Et 8gr,71 de matières grasses, qui doivent être affectées du coefficient de 8,45, soit : 73,6 ;

Au total, pour 1 kilogramme de farine entière, on aurait une valeur énergétique de 2 900cal,1. On voit donc que l'addition de l'enveloppe nous fait perdre 400 calories.

Mais comme nous l'avons vu, l'enveloppe n'abandonnant à l'organisme humain que 8,50 p. 100 en poids, le nombre des calories réellement apporté par l'enveloppe doit être ramené

$$\text{à } \frac{(87,2 + 73,6) \times 8,50}{100} = 12^{cal},8.$$

Quant au germe, il apporterait, nous avons dit, 0,611 de matière azotée et 0,178 de matière grasse, ce qui représente en calories par kilogramme :

	Calories.
$6,11 \times 3,68$	22,48
et $1,78 \times 8,45$	15,04
	37,52

La valeur énergétique de la farine complète serait donc ;

	Calories.
Albumen	2740
Enveloppes	12,8
Germe	37,52
Total	2790,32

La valeur énergétique d'un kilogramme d'albumen étant de 3 300 calories, la perte résultant de l'introduction des enveloppes et du germe serait donc de 510 calories.

La cause nous semble donc démontrée surabondamment, et nous nous contenterons de reproduire ici la conclusion du mémoire d'Aimé Girard. « C'est donc à rejeter, autant que les moyens mécaniques dont elle dispose le lui permettent, l'enveloppe et le germe ; à réserver pour l'alimentation humaine l'amande farineuse, et l'amande seulement, que doit tendre aujourd'hui la meunerie, et c'est, par conséquent, sur les engins

et les procédés qui, du produit de la mouture, éloignent, dans la plus large mesure, les débris autres que ceux fournis par cette amande, qu'elle doit de préférence porter son choix. Quant aux enveloppes et aux germes enlevés, de ce fait, à l'alimentation humaine, ce serait une erreur que de les considérer comme perdus. Ce que l'appareil digestif de l'homme ne sait pas faire, paraît, d'après les recherches des physiologistes modernes, être chose possible pour l'appareil digestif des animaux, et ce que l'homme aura ainsi perdu sous la forme de pain, il pourra le retrouver sous la forme de viande. »

COMPOSITION DES BLÉS

Il nous reste, pour terminer ce chapitre, à indiquer la composition des différents blés auxquels le meunier peut s'adresse pour obtenir la farine

L'étude chimique du grain de blé a été faite par un grand nombre de personnes, mais qui se sont préoccupées le plus souvent de faire l'analyse du grain considéré dans son ensemble, constituant un tout. C'est ainsi que Boussingault attribue au blé la composition moyenne suivante, d'après les analyses de Peligot qui ont porté sur 14 variétés de blé, tendres et durs :

Gluten	12,8
Albumine	1,8
Amidon	59,7
Dextrine	7,2
Graisse	1,2
Cellulose	1,7
Sels	1,6
Eau	14,0

Mais, en réalité, la composition du blé est essentiellement variable d'une espèce à l'autre, et, même pour une espèce isolée, si une analyse de cette sorte peut être utile au cultivateur qu'elle renseigne sur les besoins de la plante, elle n'est d'aucune utilité pour le meunier.

Nous savons, en effet, par ce qui précède, que la compo-

sition du grain de froment est loin d'être homogène, qu'une partie seule de ce grain est alimentaire, tandis que l'autre doit être éliminée des produits de la mouture. Ce que le meunier a intérêt à savoir, c'est la proportion de farine panifiable qu'il pourra extraire d'une variété de blé donnée, c'est la qualité que cette farine aura pour la fabrication du pain. Il est donc absolument nécessaire que le chimiste, se plaçant au point de vue du meunier, reproduise exactement dans son laboratoire les opérations industrielles de la préparation de la farine; qu'il sépare la grosse masse de l'amande farineuse constituant la farine d'une part, et d'autre part les enveloppes retenant encore à leur surface les cellules périphériques de l'albumen que les moyens mécaniques dont nous disposons sont impuissants à détacher, enveloppes dont le mélange sera désigné sous le terme général d'issues; enfin, cette séparation étant obtenue, chacun de ces deux lots devra être analysé séparément.

Ce travail a été exécuté par Aimé Girard et Fleurent en 1897 : « Sur la composition des blés tendres français et étrangers ». Pour pouvoir opérer les broyages nécessaires, la maison Brault, Teisset et Gillet, de Chartres, construisit un petit moulin à cylindres permettant de reproduire exactement sur 1 kilogramme de grain les opérations que les meuniers effectuent sur des quintaux.

Les blés préalablement nettoyés, furent progressivement broyés, comme nous le verrons dans la suite, la farine séparée au moyen d'un tamis n° 120, les parties d'amande encore grossières, les gruaux, moulus à nouveau, jusqu'à ce que la proportion de farine extraite représentât 70 p. 100, taux d'extraction auquel Aimé Girard s'est arrêté, fixant par suite le taux des issues à 30 p. 100. C'est sur les deux échantillons ainsi obtenus que portèrent les diverses opérations analytiques.

On détermine d'abord sur les grains entiers: l'humidité, en desséchant à 100°-105° 5 grammes de grains grossièrement écrasés; le poids moyen d'un grain, en pesant 200 grains et divisant ensuite le poids par 200 (il est bon de prendre la moyenne de plusieurs expériences, car il est difficile de choisir des grains de grosseur moyenne); et enfin la proportion relative d'amande,

d'enveloppe et de germe, en suivant la méthode d'Aimé Girard exposée plus haut, ou mieux en utilisant le résidu de l'analyse des issues, comme nous le verrons tout à l'heure.

L'analyse de la farine comprend plusieurs déterminations : tout d'abord l'humidité, le gluten total et la proportion de gliadine qu'il contient, les matières grasses, les matières minérales, l'acidité. Nous ne dirons rien ici des procédés de dosage relatifs à ces éléments, car nous les retrouverons en exposant plus loin l'analyse des farines. Aimé Girard et Fleurent dosent ensuite l'amidon et les débris, qui sont réunis dans les eaux de lavage provenant du dosage du gluten. Cette eau laiteuse, qui contient l'amidon, les débris et quelques gruaux bis et blancs, est jetée sur un tamis n° 220 qui ne laisse passer que l'amidon ; ce qui reste sur le tamis est bien lavé et recueilli sur un petit filtre de soie n° 220 ; on essore, on fait deux lots à peu près équivalents et on les pèse à l'état humide, séparément. Le premier lot est desséché à l'étuve et pesé ; par le calcul, on détermine le poids sec du second lot et la somme des deux donne une quatité a qui représente à la fois les débris et les gruaux. Le second lot, non desséché, est alors traité à l'ébullition par de l'eau contenant 5 p. 100 d'acide salicylique, qui a pour effet de solubiliser l'amidon, sans toucher aux débris. Ces derniers sont alors récoltés sur un nouveau filtre de soie ; on enlève tout l'acide salicylique restant au moyen d'eau bouillante, puis, par un mélange d'alcool et d'éther, on dessèche et on pèse enfin. On a ainsi le poids des débris contenus dans le second lot, qu'on rapporte par le calcul au premier lot : on obtient un poids de débris total b. La différence $(a - b)$ indique le poids de gruaux qui s'étaient trouvés mélangés avec les débris, poids que l'on peut considérer sans grande erreur comme entièrement constitué par de l'amidon.

L'eau amylacée, qui avait précédemment traversé le tamis 220, est versée dans un verre, saturée d'acide carbonique, ce qui facilite le dépôt de l'amidon, abandonnée à 0° jusqu'à ce que le dépôt soit complet. L'eau décantée, l'amidon est essoré sur une coupe en biscuit de porcelaine, desséché lentement à basse température, puis à 100° et finalement pesé. A la quantité trouvée, il faut ajouter la différence $(a - b)$ déterminée

précédemment ; la somme donne l'amidon contenu dans le poids de farine analysée.

Enfin, on extrait les matières de la farine solubles dans l'eau à 0°, en agitant mécaniquement pendant cinq heures 100 grammes de farine avec 500 centimètres cubes d'eau glacée. On filtre au bout de ce temps, et sur la solution on détermine l'extrait total ; les cendres solubles ; les sucres, en dosant directement le réducteur par la liqueur de Fehling, ce qui donne le glucose, en pratiquant ensuite l'inversion Clerget, ce qui donne le saccharose ; les matières azotées solubles, par le procédé Kjeldahl ; et enfin la gomme galactique, par précipitation de 200 centimètres cubes de la liqueur filtrée par 1 000 centimètres cubes d'alcool à 95° (déduction faite des matières minérales et azotées entraînées avec la gomme elle-même).

Voyons maintenant l'analyse du second produit de la mouture initiale, c'est-à-dire les issues et bas produits représentant 30 p. 100. Ces divers produits étant bien intimement mélangés, on dose l'humidité :

Les matières solubles dans l'eau, en agitant pendant une nuit 50 grammes de produits avec 500 centimètres cubes d'eau glacée ; on sépare les grosses particules par un tamis 80, et le liquide est ensuite filtré. Il sert à la détermination de l'extrait, des matières azotées, des matières minérales, et des matières hydrocarbonées, par différence ;

Les matières insolubles dans l'eau : on commencera par séparer complètement les enveloppes des dernières traces d'albumen encore adhérentes à la face interne de l'assise protéique ; on parvient à ce résultat en agitant les bas produits de la mouture au sein de l'eau glacée.

50 grammes de produits sont agités dans l'eau pendant vingt heures, puis on jette sur un tamis n° 80 qui retient les enveloppes et les germes ; on lave à l'eau glacée, chargée d'acide carbonique, puis on dessèche et on pèse ; mais au chiffre ainsi obtenu il faut ajouter le poids des débris fins emportés par l'eau qui a traversé le tamis, et également le poids des matières grasses enlevées par l'eau d'agitation.

L'eau qui a traversé le tamis n° 80 contient le gluten, l'ami-

don et les débris. On laisse déposer au froid, on siphonne l'eau surnageante, et on essore le dépôt sur une coupe en biscuit de porcelaine jusqu'à ce qu'il contienne une quantité d'eau suffisante pour qu'on puisse en faire un pâton et extraire le gluten. Si le dosage de ce gluten n'est pas possible, ce qui arrive très souvent à cause de la mauvaise qualité du gluten contenu dans les bas produits, on ajoute au dépôt 33 grammes de farine à 70 p. 100 d'extraction, on mélange le tout et on peut alors extraire le gluten ; on retranche du poids trouvé, bien entendu, le gluten apporté par les 33 grammes de bonne farine.

Dans l'eau provenant du dosage du gluten on dose les débris, en opérant comme il a été dit plus haut à propos de l'analyse de la farine ; on retranche du résultat trouvé les débris apportés par les 33 grammes de farine, si on a dû recourir à leur emploi.

On dose l'amidon également comme précédemment. On détermine encore les cendres insolubles ; les matières grasses, en épuisant à la benzine 25 grammes de bas produits après les avoir désagrégés en les soumettant pendant deux ou trois heures au contact d'acide chlorhydrique gazeux ; les matières azotées ligneuses, par le procédé Kjeldahl ; les celluloses (représentant les matières hydrocarbonées insolubles : cellulose et gommes et qui sont moins assimilables certainement que l'amidon) déterminées en retranchant du poids total des enveloppes le poids des matières azotées ligneuses, des matières grasses et des matières minérales.

Pour déterminer le poids des matières grasses enlevées aux enveloppes par le lavage à l'eau glacée, on traite 5 grammes d'enveloppes lavées et séchées, d'abord par l'acide chlorhydrique gazeux pour les désagréger, puis par la benzine ; en retranchant le chiffre trouvé du chiffre qui indique les matières grasses totales, on a la proportion de matières grasses enlevées par l'eau ; on doit ajouter ce chiffre au poids des enveloppes précédemment déterminées.

On peut enfin calculer exactement les proportions d'enveloppe, de germe, et d'amande contenus dans le grain normal. En effet, aux enveloppes et aux germes lavés et séchés que nous venons de déterminer, il manque, pour représenter ce qui existe réellement dans le grain, les matières solubles em-

portées par le lavage, et l'humidité naturelle. Si donc on désigne par E le poids des enveloppes et germes, lavés et séchés, par S le poids de l'extrait par l'eau glacée, par H l'humidité des bas produits, la quantité d'enveloppes et de germes contenus dans 100 grammes de bas produits sera donnée par la formule :

$$\frac{\left(E + \frac{S \times E}{100 - (H + S)}\right)}{100 - H}$$

et, comme 100 grammes de grains correspondent à 30 grammes de bas produits, le nombre trouvé, multiplié par 0,3, donnera la quantité d'enveloppes et de germes contenue dans 100 de blé analysé. Connaissant, par la méthode exposée plus haut, la proportion de germe, on a par différence la proportion définitive des enveloppes. On déduit enfin, par une simple soustraction, la proportion de l'amande farineuse.

Aimé Girard et Fleurent ont appliqué cette méthode, évidemment très longue, très délicate, mais qui seule peut donner des résultats intéressants pour l'industrie de la meunerie, à 40 variétés de blés, représentant les blés cultivés en France et les blés fournis par les importations des États-Unis, de Russie, des Indes, d'Algérie et de Roumanie. Ne pouvant reproduire tous les tableaux contenant les analyses auxquelles ce travail considérable a abouti, nous avons seulement choisi, à titre d'exemple, 12 variétés, 7 françaises et 5 étrangères, parmi les blés tendres étudiés, renvoyant pour les autres le lecteur au mémoire original.

Voyons maintenant quelles conclusions les auteurs ont pu tirer de ces chiffres si nombreux :

Si on admet pour les blés français une hydratation moyenne de 14,5 p. 100 et pour les blés d'importation de 12,5, la somme gluten-amidon, pour les farines tirées à 70 p. 100, est constante et représente 79,41-79,85 pour les premiers et 79,66-80,00 pour les seconds ;

Les grains les plus petits sont également les plus riches en gluten et en matières azotées totales ;

Pour une même année, la composition du gluten est extrême-

Composition de la farine à 70 p. 100 d'extraction.

		BLÉ											
		de Flandre.	Standhup.	Goldendrop.	de Bordeaux.	Dattel.	gris de Saint-Laud.	Saumur.	de Californie.	Ghirka.	Choice Kurrachee.	Blidah.	d'Ilfov.
Eau		15,58	14,40	14,22	13,72	14,48	14,74	15,04	12,90	12,66	12,62	13,62	13,42
Matières solubles dans l'eau.	Glucose	0,20	0,35	0,09	0,34	0,30	0,09	0,29	0.20	0,24	0,64	0,36	0.42
	Saccharose	1,70	1,39	1,02	0,90	1,23	0,98	1,42	1,56	2,10	1,83	1,73	1,76
	Matières azotées, diastases, etc.	1,02	1,09	1,24	1,03	1,08	1,28	1,02	1,20	1,26	1,19	1,03	1,56
	Galactine	0,78	0,59	0,53	0,55	0,68	0,99	0,68	0,90	0,92	0,83	0,69	0,86
	Matières minérales	0,30	0,23	0,22	0,39	0,39	0,22	0,27	0,22	0,25	0,36	0,19	0,27
	Inconnues	»	0,27	»	»	»	»	0,14	0,02	»	0,25	0,11	0,01
	Total	4,00	3,92	3,10	3,21	3,68	3,56	3,82	4,10	4,77	5,10	4,11	4,88
Matières insolubles dans l'eau.	Gluten	8,32	6,48	6,90	8,74	7,84	8,14	8,47	9,74	12,18	8,06	11,36	10,12
	Amidon	69,88	72,51	73,94	72,48	71,77	71,22	70,58	71,79	68,10	71,66	69,33	70,02
	Matières grasses	1,02	1,14	0,84	0,96	1,07	0,95	1,02	1,06	1,18	1,44	0,98	1,10
	— minérales	0,40	0,20	0,23	0,14	0,18	0,40	0,31	0,23	0,38	0,42	0,25	0,38
	Cellulose et débris	0,22	0,47	0,23	0,69	0,27	0,23	0,39	0,23	0,56	0,56	0,31	0,58
	Total	79,84	80,80	82,14	83,01	81,13	80,94	80,77	83,05	82,40	82,14	82,23	82,13
Total général		99,52	99,12	99,46	99,94	99,29	99,24	99,63	100,05	99,83	99,86	99,96	100,43
Inconnues et pertes		0,48	0,88	0,54	0,06	0,71	0,76	0,37	»	0,17	0,14	0,04	»
Composition du gluten.	Gluténine	21,74	29,07	26,60	25,51	22,92	25,77	31,64	30,12	29,07	29,07	31,25	31,25
	Gliadine	78,26	70,93	73,40	74,49	77,08	74,23	68,36	69,88	70,93	70,93	68,75	68,75
	$\frac{\text{Gluténine}}{\text{Gliadine}}$	$\frac{25}{90}$	$\frac{25}{61}$	$\frac{25}{69}$	$\frac{25}{73}$	$\frac{25}{84}$	$\frac{25}{72}$	$\frac{25}{54}$	$\frac{25}{58}$	$\frac{25}{61}$	$\frac{25}{61}$	$\frac{25}{55}$	$\frac{25}{55}$

		BLÉ de Flandre.	Standhup.	Goldendrop.	de Bordeaux.	Dattel.	gris de Saint-Laud.	de Saumur.	de Californie.	Ghirka.	Choice Kurrachee.	de Blidah.	d'Ilfov.
Eau		14,89	13,87	15,15	13,23	13,67	14,33	13,77	13,03	12,18	12,46	13,18	13,46
Matières solubles.	azotées	2,48	1,97	2,94	2,09	2,50	2,92	2,47	2,73	3,34	2,38	3,02	2,41
	hydrocarbonées.	6,57	5,98	7,22	7,40	6,78	5,91	6,95	7,41	7,12	6,04	7,45	7,42
	minérales	1,50	1,50	1,44	1,36	1,92	1,72	1,58	0,96	1,84	1,48	1,18	1,82
	Total	10,55	9,45	11,60	10,85	11,20	10,55	11,0	11,10	12,30	9,90	11,65	11,65
Matières insolubles.	Gluten	4,36	3,71	3,87	3,02	2,39	4,67	4,93	4,27	6,45	3,75	4,95	5,72
	Amidon	26,40	29,52	27,12	31,12	33,29	29,79	28,76	25,20	24,73	31,83	24,47	26,46
	Matières azotées, ligneuses	6,52	4,93	6,27	6,10	5,95	4,88	5,23	7,45	6,28	5,38	4,35	5,83
	Matières grasses.	2,68	2,56	3,37	3,11	3,95	3,16	2,68	3,29	3,52	3,77	2,36	3,31
	Cellulose, débris compris	31,38	34,40	29,30	29,23	26,59	29,06	30,73	32,03	32,0	31,13	36,33	31,12
	Mat. minérales..	1,86	1,25	1,99	1,94	1,78	1,81	1,63	2,13	2,49	1,41	2,21	1,49
	Total	73,20	76,37	71,92	74,57	73,95	73,37	73,96	74,37	75,47	77,27	74,67	73,93
Total général		98,64	99,69	98,67	98,65	98,82	98,25	98,73	98,50	99,95	99,63	99,50	99,04
Inconnues et pertes		1,36	0,31	1,33	1,35	1,18	1,75	1,27	1,50	0,05	0,37	0,50	0,96

Composition des blés entiers.

Poids moyen d'un grain		0,041	0,045	0,045	0,056	0,048	0,050	0,045	0,040	0,022	0,034	0,034	0,033
Constitution du grain.	Amande	82,94	83,12	83,27	84,14	84,72	84,47	84,02	82,36	82,58	83,90	81,93	83,28
	Germe	1,35	1,24	1,01	1,30	1,20	1,16	1,52	1,53	1,92	1,52	1,56	1,29
	Enveloppe	15,71	15,64	15,72	14,56	14,08	14,37	14,46	16,11	15,52	14,58	16,51	15,43

ment variable ; on trouve tantôt un excès de gliadine, tantôt un excès de gluténine (le rapport le plus favorable étant $\frac{25}{75}$, avec une marge de $\frac{25}{64}$ à $\frac{25}{88}$), aussi bien chez les blés français que chez les blés étrangers ; l'excès de gluténine est, du reste, le cas le plus fréquent ; les blés français les plus riches en gliadine sont ceux des environs de Paris, et parfois aussi ceux de la région du Nord ; pour obtenir une farine de composition convenable, il suffira de mélanger différentes farines ayant des taux de gliadine supérieurs et inférieurs à la moyenne, puisqu'il est pour ainsi dire impossible de se procurer des blés donnant la proportion exacte ;

Les blés français, en général gros, possédant une forte proportion d'albumen à cassure blanche opaque, par conséquent riches en amidon, doués d'une proportion d'eau élevée, qui rend l'enveloppe élastique et lui permet de s'aplatir sans se rompre sous les engins de broyage, se prêtent parfaitement bien au travail moderne de la mouture qui cherche à produire des farines blanches très épurées ; les blés étrangers, au contraire, se prêtent plus mal à ce même travail, parce que le grain est petit, relativement sec, avec une cassure souvent vitrifiée et parfois une forte proportion d'enveloppe.

Pour ce qui est de la classification des différents blés travaillés en France, d'après la composition chimique, l'ordre précédent se trouve inversé, et, si l'on fait entrer en ligne de compte la valeur alimentaire et par suite la valeur boulangère, on arrive aux résultats suivants :

« 1° Au premier rang des blés du monde, tant par la constance de leur composition que par leur grande richesse en gluten, qui leur assure ainsi une valeur nutritive de premier ordre, viennent se placer les blés de Russie ;

2° Au second rang et avec des qualités sensiblement égales entre elles, mais un peu inférieures déjà à celles des blés précédents, se présentent les blés d'Algérie, des États-Unis et de Roumanie ;

3° En troisième lieu, et toujours en décroissant, on trouve les blés français des régions de l'Est et de l'Ouest, les blés des Indes et les blés français de la région du Sud-Ouest ;

4° Enfin, en quatrième lieu et avec des qualités égales, il convient de ranger les blés français de la région des environs de Paris et de la région du Nord. »

Les blés français se signalent donc, d'une façon fâcheuse, par leur faible teneur en gluten, qui s'est affirmée tout spécialement à partir de l'année 1878. Avant cette date, la teneur en gluten des farines livrées sur le marché de Paris n'était pas sensiblement inférieure à celle des blés russes; mais depuis, elle s'est abaissée progressivement de 3 à 4 p. 100.

Ce fait regrettable semble bien dû à l'introduction dans la culture française de variétés de blés étrangers, anglais plus spécialement, dites variétés à grand rendement.

Dans le Nord, le blé blanc de Flandre donne une farine à 8,32 de gluten, et le Standhup, variété anglaise, atteint seulement 6,48. Et c'est pourquoi on voit annuellement l'industrie française chercher dans les blés d'importation l'appoint du gluten qui fait défaut dans nos blés nationaux. Il y a donc une nécessité pour l'agriculture française, tout en augmentant ses rendements, de conserver les races de blé à haute teneur en azote. La solution de ce problème a été cherchée dans la création de nouvelles variétés, par croisement entre des variétés de bonne qualité et des variétés à haute production. MM. Gatellier et Schribaux ont, de cette façon, allié la variété de Crépy avec plusieurs autres : le blé Roseau, le blé Victoria blanc, le blé Goldendrop, le blé Shirriff's-Square-Head. C'est le croisement Crépy (père)-Goldendrop (mère) qui semble avoir donné aux auteurs le meilleur résultat : caractères de tallage très accentués du Goldendrop, épis ayant la forme et la couleur du Goldendrop, mais avec des grains longs analogues à ceux du Crépy.

De tout ceci, il faut retenir que le meunier, en achetant son blé, doit se préoccuper de connaître son humidité, le poids de 100 grains, la teneur de la farine en gluten et en gliadine, les proportions respectives de l'amande, de l'enveloppe et du germe.

Blés durs. — Voulant compléter le travail précédent, M. Fleurent a appliqué les mêmes procédés d'analyse à l'étude des blés durs, venant en France de la Russie méridionale, de l'Algérie et de la Tunisie, du Canada.

On voit d'après le tableau (p. 63) que les blés durs renferment plus d'albumen que les blés tendres, dans la proportion de 2,5 p. 100, et qu'ils sont également plus riches en gluten.

Le gluten des blés durs offre une ténacité particulière, il manque absolument d'élasticité ; la composition du gluten du blé de Taganrog était de :

Gliadine	46,45
Gluténine	37,89
Conglutine	15,66

Aussi ces blés durs ne donnent-ils que des farines passifiables de mauvaise qualité, et sont-ils plus spécialement réservés pour la fabrication des pâtes alimentaires.

Composition de la farine à 70 p. 100 d'extraction.

		RUSSIE Taganrog.	AFRIQUE.	CANADIAN Goose Wheat.
	Eau	11,56	11,45	11,36
Matières solubles.	Glucose	1,29	1,78	1,50
	Saccharose	1,78	2,06	1,62
	Matières azotées	1,92	1,37	1,45
	Galactine	0,94	0,66	1,08
	Matières minérales	0,23	0,22	0,51
	Total	6,16	6,09	6,16
Matières insolubles.	Gluten	17,15	12,76	12,79
	Amidon	62,06	66,36	66,23
	Matières grasses	1,56	1,51	1,83
	Matières minérales	0,83	0,79	0,33
	Cellulose et débris	0,65	0,58	0,26
	Total	82,25	82,00	81,44
	Total général	99,97	99,54	99,96
	Inconnu et perte	0,03	0,46	0,04

Composition des bas produits à 30 p. 100 de refus.

	Eau	11,12	11,10	11,39
Matières solubles.	Matières azotées	3,04	2,88	2,20
	Matières hydrocarbonées	5,83	7,32	7,66
	Matières minérales	0,98	0,80	0,94
	Total	9,85	11,00	10,80
Matières insolubles.	Gluten	9,20	6,90	6,44
	Amidon	25,70	28,68	27,32
	Matières azotées ligneuses	6,43	6,34	6,36
	Matières grasses	3,64	2,93	4,72
	Cellulose	30,95	29,99	30,12
	Matières minérales	1,76	1,58	1,61
	Total	77,68	76,42	76,57
	Total général	98,65	98,52	98,76
	Inconnu et perte	1,95	1,48	1,24

Composition des blés entiers.

Poids moyen d'un grain		0,032	0,048	0,037
Constitution du grain.	Amande	84,95	84,99	84,94
	Germe	2,00	1,50	2,05
	Enveloppes	13,05	13,51	13,01

CHAPITRE III

NETTOYAGE DU BLÉ

NETTOYAGE DU BLÉ, NÉCESSITÉ, PRINCIPES GÉNÉRAUX

Le blé qui arrive au moulin est loin d'être constitué uniquement par des grains de froment ; suivant le terme employé en meunerie, c'est du blé sale. Les impuretés ainsi mélangées au bon grain sont de nature extrêmement variable ; elles comprennent les graines des plantes adventices qui ont végété en même temps que le blé lui-même : légumineuses, seigle, avoine, orge, ivraie, ail... ; des corps étrangers tels que mottes de terre, petites pierres, crottes de mouton, débris métalliques, morceaux de ficelle... ; des balles, provenant du battage ; des poussières de toutes sortes ; enfin, on considère encore comme des impuretés les grains avortés, les grains cassés, et également les poils qui garnissent l'une des extrémités des grains. Souvent le cultivateur a bien fait subir un premier nettoyage à sa marchandise avant de la livrer à l'industrie, mais c'est là une opération forcément incomplète, et qui ne saurait satisfaire le meunier consciencieux. La belle et bonne farine ne peut être obtenue, en effet, qu'en traitant du grain absolument propre, mais ce nettoyage est chose délicate et longue ; il faudra y employer plusieurs machines différentes, car il est facilement compréhensible qu'un seul outil ne soit pas capable d'éliminer à la fois, et par une seule opération, des corps aussi dissemblables que ceux énumérés plus haut. Les principes sur lesquels reposent les opérations successives du nettoyage sont les suivants :

1° ***Dimension.*** — On peut, au moyen de tamis à trous de

diamètre judicieusement calculé, séparer les impuretés plus grosses ou plus petites que le blé lui-même, et faire ainsi dans la marchandise brute trois catégories : tout ce qui est plus gros que le blé, tout ce qui est aussi gros que le blé et qui restera mélangé au blé lui-même, tout ce qui est plus petit que le blé. On éliminera le premier et le troisième lot, et on fera les autres opérations sur la catégorie intermédiaire.

2° ***Poids spécifique.*** — Parmi les impuretés à éliminer, il en est qui, comme les balles et les poussières, sont extrêmement légères, et que l'on pourra extraire facilement en faisant agir un courant d'air suffisamment violent.

3° ***Forme.*** — Les graines étrangères ont parfois des formes différentes de celle du grain de blé, bien qu'ayant au moins une dimension diamétrale commune avec lui, ce qui leur permet de passer par des orifices de même dimension. Dans ce cas, le triage sera effectué au moyen de tôles à alvéoles estampées ou fraisées.

4° ***Propriétés particulières.*** — On met enfin à profit, pour éliminer certaines impuretés, les propriétés spéciales dont elles peuvent être douées. C'est ainsi que les particules métalliques seront extraites par l'action d'un aimant, et que les pierres seront recueillies grâce à leur manque d'élasticité, ou grâce à leur poids élevé.

Toutes les opérations précédentes, pourtant déjà bien complexes, n'ont cependant pour but que de réaliser ce que l'on peut appeler un nettoyage préliminaire, un nettoyage qui enlèvera seulement du blé les corps étrangers qui étaient mélangés avec lui. Le nettoyage proprement dit aura pour but d'enlever au blé toutes les parties adhérentes aux grains, parties qui pourraient nuire à la bonne qualité de la farine, qu'il s'agisse de poussières collées à la surface du grain ou logées dans son sillon, ou qu'il s'agisse d'impuretés faisant partie intégrante du grain lui même, comme les poils, le germe, la pellicule. On arrivera au but cherché, en brossant et en grattant les grains au moyen de brosses et de colonnes épointeuses. La différence que l'on peut relever entre ces deux nettoyages, c'est que le nettoyage préliminaire peut se faire à l'avance, avant même la mise en silo, tandis que le nettoyage propre-

ment dit, qui attaque déjà le grain, doit se faire au moment même de la mouture.

Enfin, pour les appareils de broyage modernes, dans lesquels le grain passe entre deux cylindres dont l'écartement, une fois réglé, reste invariable, il faut que la marchandise travaillée soit de calibre uniforme, pour que l'action exercée soit bien exactement la même sur tous les grains ; il faudra donc faire usage de calibreurs, classant le blé en différents lots de taille égale. L'emploi de ces derniers appareils n'est pas nécessaire pour le fonctionnement des anciennes meules.

Tout ce qui vient d'être dit s'applique à un nettoyage fait à sec, tel qu'on le pratique pour les blés tendres ; nous verrons que, pour les blés durs, on emploie un autre système qui repose sur l'action de l'eau.

NETTOYAGE PRÉPARATOIRE

1° ***Machines de criblage.*** — Cribler un blé consiste à le faire passer à travers plusieurs surfaces ajourées, et capables de retenir, suivant les cas, soit ce qui est plus gros que le blé, en laissant passer à la fois le blé lui-même et les petites impuretés, soit le blé en laissant seulement échapper les graines les plus petites, de manière à former les trois lots définis plus haut. Les surfaces filtrantes, que l'on utilise ainsi en meunerie, sont constituées, soit par des tissus métalliques formés de fils de fer ou d'acier entrecroisés à la façon des fils d'une toile ordinaire, soit par des tôles de fer dans lequelles on a découpé des ouvertures rondes ou oblongues. Les tissus métalliques sont obtenus par le simple croisement des fils, sans qu'il soit nécessaire de les lier d'aucune façon, la courbure des fils résultant du tissage les empêchant de se déranger. On désigne les tissus métalliques par des numéros qui indiquent le nombre des mailles que l'on peut compter sur une longueur d'un pouce, les numéros allant depuis le n° 2 jusqu'au n° 140. Quant aux tôles perforées, il en existe une très grande variété sous le rapport de la forme des trous (ronds, rectangulaires, ovales, triangulaires...) et de leurs dimensions. Pour faire agir ces surfaces filtrantes, on les monte

soit sur des cribles émotteurs, soit sur des cribles plans.

Le *crible émotteur* peut lui-même être à pans ou de forme cylindrique. Le crible à six pans est constitué par une carcasse de forme hexagonale (parfois l'appareil est à huit pans, avec une carcasse octogonale), dont l'axe, le plus souvent métallique, est incliné sur l'horizontale de $0^{m},05$ par mètre et tourne sur lui-même au moyen d'une poulie et d'une courroie. Un appareil de ce genre, débitant par heure 1 080 kilogrammes de blé, devra avoir 3 mètres de long et un diamètre de $0^{m},80$; il tournera avec une vitesse de trente tours par minute. La surface de la carcasse est formée par le tissu métalllique ; les dimensions des mailles de ce tissu ne sont pas uniformes d'une extrémité à l'autre. Le blé, qui est déversé à l'extrémité la plus haute de l'émotteur, tombe sur un tissu fin (n° 14 à 16) qui laisse passer des poussières, du sable, de petites pierres, etc. ; puis le blé, entraîné par le mouvement de rotation, s'avance vers l'autre extrémité et rencontre un tissu à mailles plus larges (n° 4 à 6), au travers duquel il peut s'écouler. Les grosses impuretés (les mottes de terre particulièrement, d'où le nom de l'appareil) tombent par la partie la plus basse du crible. Pour dépouiller par heure 100 kilogrammes de blé des corps étrangers qu'il renferme, il faut $0^{m^2},5$ de tissu fin et $0^{m^2},2$ de gros tissu. La vitesse périphérique de l'appareil doit être de $1^{m},20$ par seconde : on fera donc varier le nombre des tours suivant le diamètre de la carcasse. Le crible est enfermé dans une caisse de bois, divisée en deux compartiments : le premier recevant les petites impuretés ; le second, le blé et les impuretés de même grosseur que le blé.

La maison Rose frères, de Poissy, construit un *émotteur-cribleur rotatif* (fig. 30) formé de trois cylindres concentriques, dont l'axe est incliné sur l'horizon de $2^{cm},5$ et tourne avec une vitesse de seize tours à la minute. Parfois on supprime l'axe interne de l'appareil, qui roule alors sur des galets extérieurs ; cette dernière disposition a l'avantage de supprimer tous les croisillons intérieurs autour desquels les pailles ou ficelles pourraient s'enrouler. Le cylindre interne, qui est garni du tissu le plus gros, dépasse légèrement, à l'extrémité la plus basse du crible, le cylindre n° 2, garni du tissu fin ; le cylindre n° 2,

à son tour, dépasse un peu le cylindre extérieur qui est fait de tôle pleine. Le blé à cribler est déversé dans le cylindre interne; là, il se débarrasse des grosses impuretés, passe sur le cylindre intermédiaire, qui, lui, ne laisse passer que les menus débris : ainsi se trouve réalisé le classement désiré en trois lots.

Enfin les surfaces filtrantes sont encore employées sous forme de *tamis plans*, auxquels on imprime un mouvement de va-et-vient. Pour que la marchandise chemine le long de ces

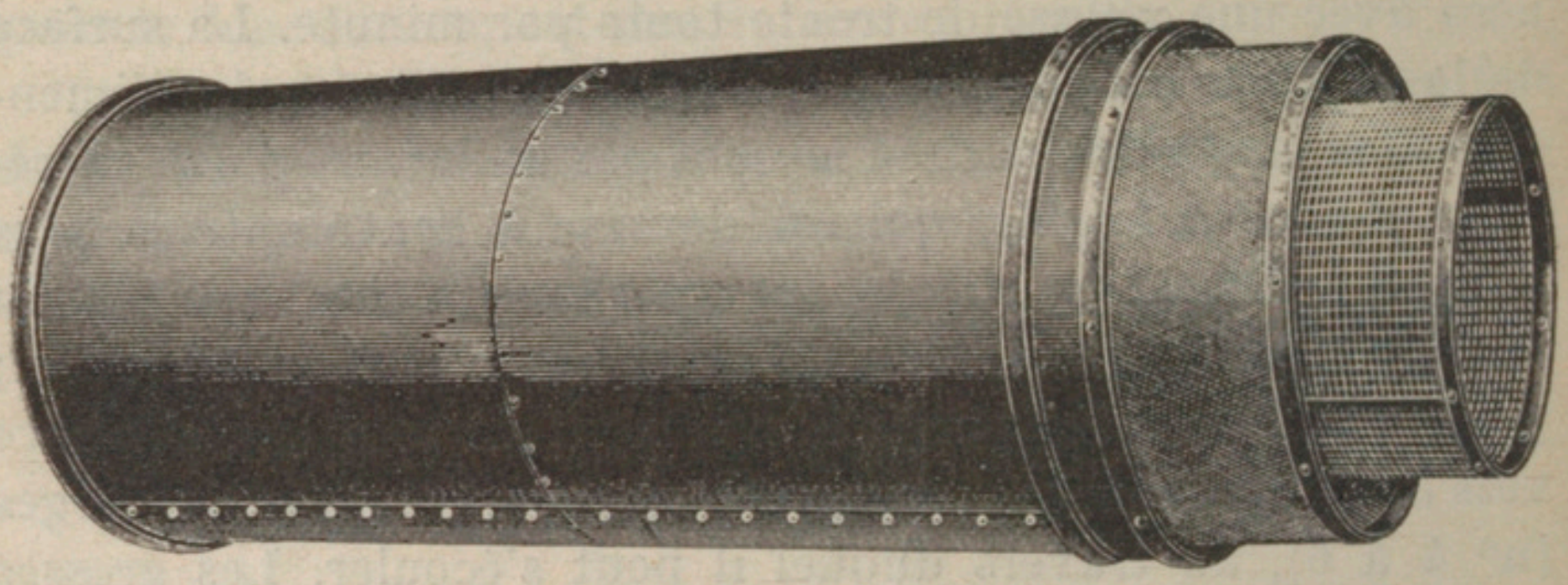


Fig. 30. — Émotteur-cribleur rotatif.

tamis, il convient de leur donner une pente égale au onzième ou au treizième de leur longueur. Les différents tamis sont disposés, soit à la suite les uns des autres, en plaçant d'abord les plus fins, soit les uns au-dessus des autres, en plaçant à la partie supérieure la surface la plus ouverte. La surface tamisante nécessaire au travail de 100 kilogrammes, est de $0^{m^2},2$ pour les impuretés fines et de $0^{m^2},1$ pour les impuretés grossières ; il y a donc, dans ce cas, économie sur le cas précédent. La course du mouvement à imprimer aux tamis est de 20 à 35 millimètres, et l'arbre moteur devra faire, suivant l'inclinaison du tamis, de 300 à 400 tours par minute.

Dans le crible plan « Bonita », la surface filtrante n'est plus animée d'un mouvement de va-et-vient, mais d'un mouvement oscillatoire, de montée et de descente, obtenu au moyen d'une bielle et d'une manivelle ; dans ces conditions, la marchandise avance vers la sortie en sautillant, ce qui rend le criblage encore plus énergique.

2° *Machines de nettoyage agissant par la force d'un*

courant d'air. — Ces machines se proposent de séparer les différents corps mélangés au blé, en mettant à profit les différences de densité qui existent entre le blé d'un côté, et les balles, les grains creux, les poussières d'un autre côté. Tout corps qui tombe peut être dévié dans sa chute, par l'action d'un courant d'air, ou même être entraîné par ce courant d'air, si ce dernier est assez puissant pour annihiler les effets de la pesanteur. On a calculé que la vitesse du vent dans les conduits des appareils de nettoyage ne devait pas dépasser par seconde $7^m,5$, sans risquer d'entraîner les grains sains légers, mais que cette vitesse ne devait pas, d'autre part, s'abaisser au-dessous de $5^m,5$, lorsque le blé coule sur un plan incliné à 45°. Le blé tombant verticalement reste en suspens dans un courant d'air ascendant, ayant une vitesse de 14 mètres par seconde. Le courant d'air nécessaire est produit au moyen d'un ventilateur, formé par un système d'ailettes, tournant dans un espace clos. On peut à volonté, au moyen des appareils, soit produire une aspiration, soit, au contraire, obtenir un refoulement. L'air qui entre dans la cage du ventilateur subit un mouvement circulaire, et en même temps un mouvement dans le sens du rayon; cet air s'échappe à la périphérie, par une ouverture ménagée à cet effet, produisant un vide relatif autour de l'axe de rotation. Il importe que la caisse qui entoure les ailettes aille en s'élargissant progressivement jusqu'à la sortie, pour que l'air emprisonné entre les palettes puisse s'échapper librement, et non pas seulement en passant devant l'ouverture; en cas contraire, il se produit une perte de charge, et l'air sort d'une façon bruyante et saccadée. Suivant les effets à obtenir, il faut faire circuler un volume d'air variable, avec une pression, c'est-à-dire une vitesse variable. Le constructeur modifiera, dans le sens nécessaire, les dimensions des ailettes et leur vitesse périphérique.

Ceci posé, les machines de nettoyage par aspiration, ou tarares, peuvent se construire avec ou sans tamis, avec ventilation simple, ou avec ventilation répétée.

Le *tarare simple*, sans tamis, est employé pour le nettoyage du blé sortant déjà d'un émotteur cribleur. Cet appareil, appelé tarare américain (fig. 31), se compose d'un coffre de bois, dans lequel l'air est aspiré au moyen d'un ventilateur ; une soupape,

munie d'un contrepoids, sert à limiter la dépression ainsi produite. Le blé à nettoyer, contenu dans une trémie d'alimentation, s'écoule dans un conduit incliné, qui s'épanouit en forme d'éventail pour se raccorder sur toute sa largeur avec la cheminée par laquelle l'air entre dans l'appareil, appelé par le vide partiel qui règne dans le coffre. La vitesse d'écoulement du blé est réglée au moyen d'une tôle mobile, autour d'une charnière, et maintenue par un contrepoids. Le conduit

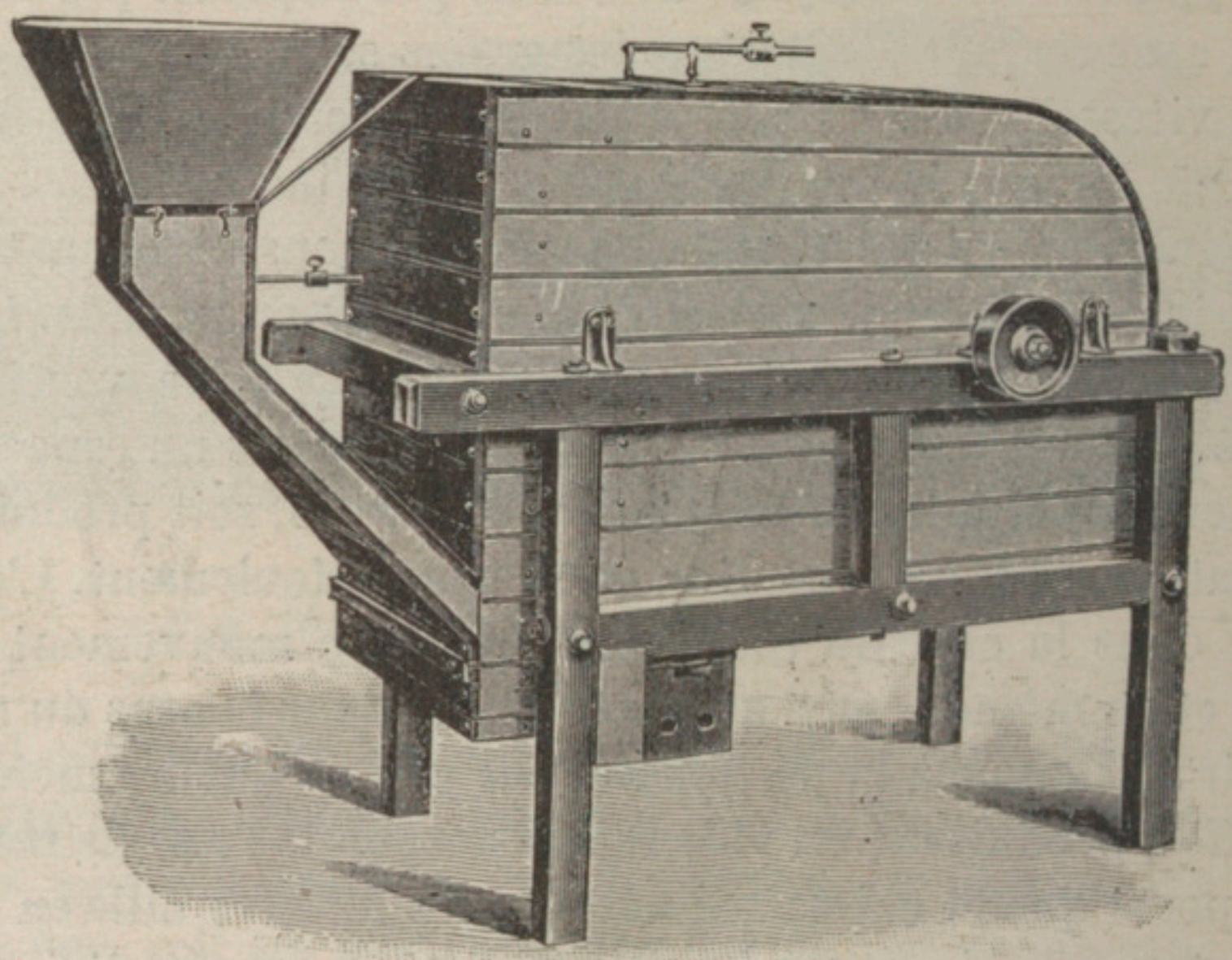


Fig. 31. — Tarare américain aspirateur simple.

incliné que suit le blé est muni d'une série de lattes de bois; on détermine ainsi la formation de plusieurs petits canaux qui forcent la marchandise à bien s'étaler et à présenter une large nappe à l'action du courant d'air. Ce dernier traverse donc le blé qui tombe, et se charge de toutes les parties suffisamment légères pour être entraînées. Parmi les corps ainsi enlevés, les plus lourds, blés avariés, charançonnés, se déposent les premiers dans une petite chambre, convenablement disposée; les plus légers, suivant toujours le chemin que l'air parcourt lui-même, pénètrent dans le coffre du tarare et s'y déposent, pendant que les poussières les plus fines, aspirées par le ventila-

teur, sont expulsées finalement en dehors de l'appareil. On ajoute souvent à cet appareil un tamis, que le blé traverse avant d'être soumis à l'aspiration ; tamis plan, soumis à un mouvement de va-et-vient, commandé par l'axe même du ven-

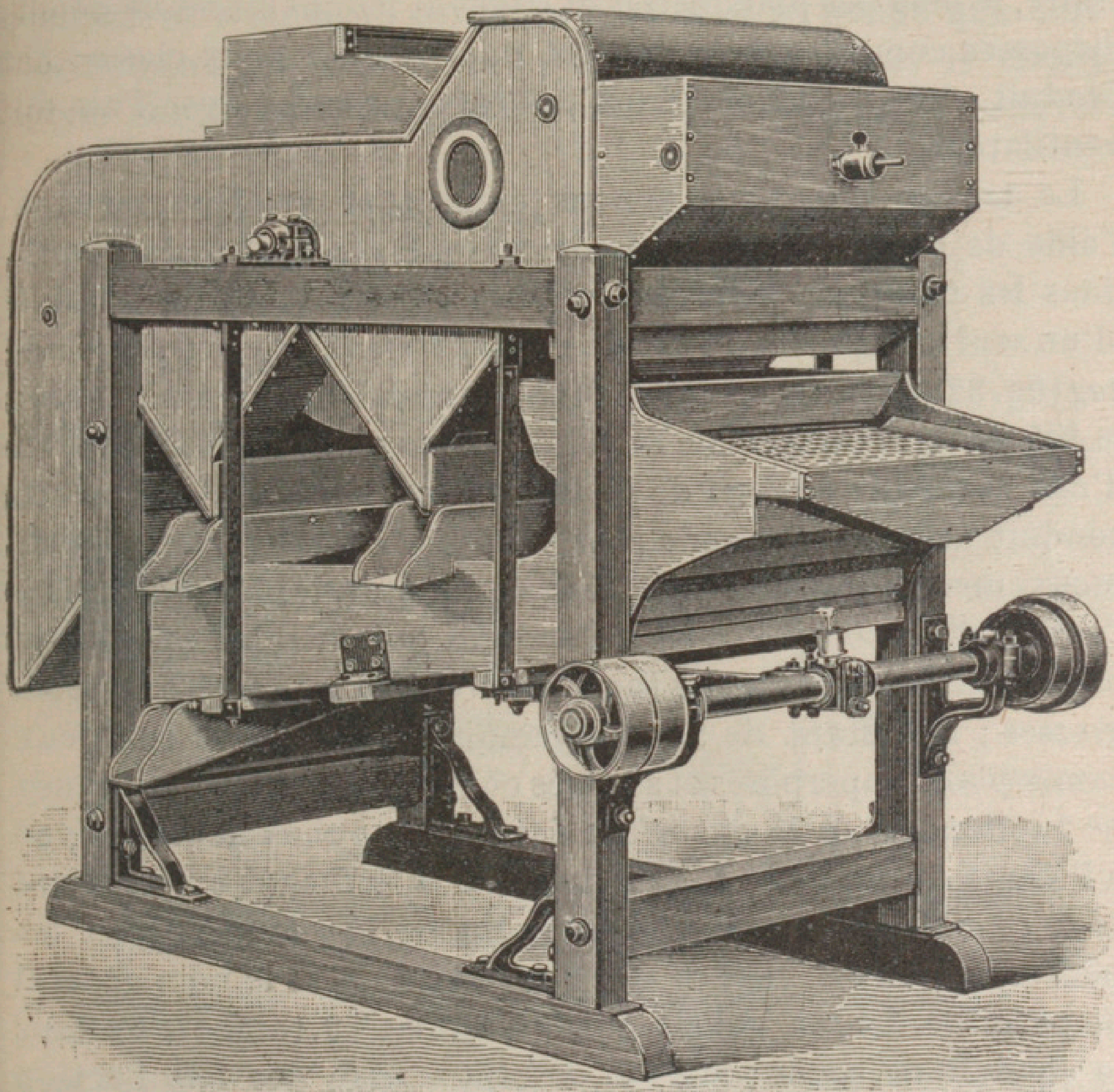


Fig. 32. — Nettoyeur aspirateur-séparateur.

tilateur. Enfin il arrive que le tarare simple et le cribleur émotteur soient installés sur le même bâti, et fonctionnent en même temps comme un appareil unique.

Les tarares à simple aspiration pouvant laisser échapper quelques grains avariés, entraînés en même temps que les bons grains, on a construit des *tarares à aspiration multiple.* Le blé, entrant dans l'appareil en traversant un tamis, glisse sur un plan incliné à 45°, puis tombe sur une série de planchettes

placées les unes au-dessus des autres et inclinées, à 45°, alternativement de droite à gauche et de gauche à droite. Le blé descend ainsi en nappe mince, en formant une véritable cascade, et subissant l'action du courant d'air à chaque changement de direction. Les impuretés légères remontent, au contraire, le long des planchettes et gagnent les chambres de dépôt disposées comme précédemment pour donner deux classes de produit, les poussières étant toujours évacuées avec l'air du ventilateur.

Le travail que nous venons d'effectuer précédemment à l'aïde de deux appareils, émotteur et tarare, est maintenant, dans les moulins modernes, exécuté presque toujours à l'aide d'un seul instrument : l'*aspirateur séparateur*, ou *aspirateur zig-zag* (fig. 32 et 33). Cet appareil fonctionne de la manière suivante : le blé traverse une trémie dont l'écoulement est réglé au moyen d'une vanne de réglage de distribution ; il gagne alors par un conduit un premier tamis plan, à grosses mailles, animé d'un mouvement de va-et-vient. Dans ce conduit, le blé est soumis à l'action d'un courant d'air ascendant, qui entraîne une partie des particules légères. Le tamis n° 1 arrête les mottes les plus grosses ; le restant de la marchandise tombe alors sur deux tamis plans superposés et secoués comme le premier ; le tamis n° 2 retient encore à sa surface des mottes qui avaient échappé à l'action du tamis n° 1, et le tamis n° 3, retenant au contraire tout ce qui a la grosseur d'un grain de blé, laisse passer les petites impuretés, tout ce que l'on désigne sous le nom général de petit blé. Le blé, qui s'écoule du tamis n° 3, tombe enfin dans le conduit de sortie ; mais là il subit encore une fois l'action d'un nouveau courant d'air qui entraîne avec lui tous les corps légers, qui avaient échappé à l'action du courant d'air d'entrée. Les deux courants d'air d'entrée et de sortie cheminent dans des conduits munis de vannes qui servent à régler l'aspiration ; ils traversent des chambres où se déposent les plus lourds des corps entraînés, et gagnent finalement le ventilateur placé à la partie supérieure de l'appareil. Pour éviter qu'il ne se produise un appel d'air nuisible à la sortie des déchets, celle-ci est commandée par un clapet automatique, formé de deux clapets successifs, séparés par une petite chambre.

Le clapet interne, appliqué sur son siège par la force de l'aspiration, empêche l'air extérieur d'entrer dans l'appareil. Les déchets s'accumulent sur la face interne du clapet, jusqu'à ce que leur poids soit suffisant pour le faire céder; mais, à ce moment, le clapet extérieur, subissant l'influence de l'appel d'air, se ferme et reste dans cette position tout le temps que dure l'écoulement des débris ; cet écoulement terminé, le clapet interne se referme brusquement, et le clapet extérieur se rouvre

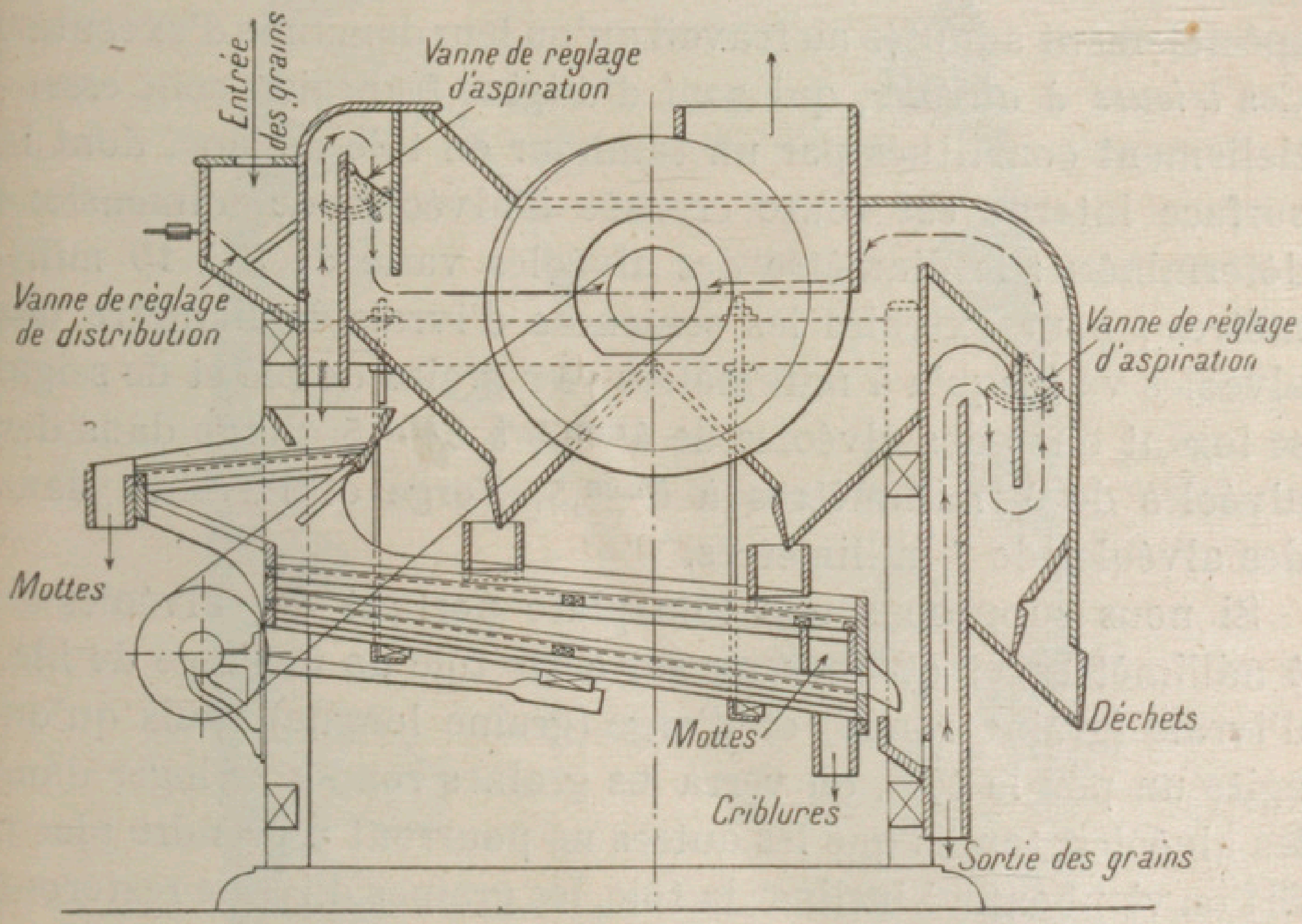


Fig. 33. — Coupe du nettoyeur aspirateur-séparateur.

sous l'action du poids des déchets accumulés contre lui ; il reste ouvert jusqu'à ce qu'une nouvelle aspiration vienne le refermer.

A la partie inférieure du bâti, est disposé un arbre, commandé par une poulie ; sur cet arbre est montée la bielle qui doit imprimer le mouvement de secousse à l'ensemble des tamis, et la poulie qui transmet, par l'intermédiaire d'une courroie, le mouvement à l'arbre du ventilateur ; ce dernier tourne à la vitesse de 500 tours par minute.

3° *Machines de nettoyage préparatoire basées sur la forme des corps à extraire*. — Si le travail précédent a pu

éliminer les impuretés plus grosses ou plus petites que le grain de blé, il a été, par contre, impuissant à extraire d'abord les graines longues ayant même diamètre transversal que le grain de blé, et, en outre, les graines rondes. Les grains sortant du tarare contiennent donc encore des graines d'orge, d'avoine, de nielle, de vesce, de bluet, de pavot, etc. Pour éliminer ces produits, on se base sur leur forme ; on distingue deux lots : les graines longues d'un côté, les graines rondes de l'autre, et on les enlève séparément au moyen de deux *trieurs à alvéoles*, spécialement adaptés au travail qu'on leur demande d'exécuter. Ces *trieurs à alvéoles*, qui sont d'origine française, sont essentiellement constitués par un tambour en tôle de zinc, dont la surface interne est toute creusée d'alvéoles de dimensions déterminées : le diamètre des alvéoles varie de 3 à 10 millimètres ; pour extraire les semences d'ivraie, le diamètre des alvéoles va jusqu'à 4 millimètres ; les grains de blé et de seigle se logent dans des alvéoles de $4^{mm},5$ à $5^{mm},5$, l'orge dans des alvéoles de 6 millimètres à $6^{mm},5$, l'orge et l'avoine dans des alvéoles de 7 millimètres.

Si nous supposons une tôle plate portant des alvéoles de 4 millimètres, et qu'on verse sur cette tôle un mélange de blé, d'ivraie (graine ronde) et d'orge (graine longue), puis qu'on agite un peu la tôle, on verra les graines rondes se loger dans les alvéoles, tandis que les autres ne pourront y prendre place. Si l'on vient enfin à incliner la tôle, les graines d'ivraie resteront immobiles, tandis que les autres s'écouleront. Si, ensuite, on verse le mélange, ainsi privé de graines rondes, sur une seconde tôle, portant cette fois des alvéoles larges de 7 millimètres, et qu'on opère comme tout à l'heure, les grains de blé resteront sur la tôle, tandis que les graines longues s'écouleront. On voit donc que le problème sera résolu par l'action successive de deux trieurs, à alvéoles de dimensions croissantes.

En pratique, au lieu d'employer des tôles planes, on les recourbe sur une carcasse cylindrique, et on incline légèrement l'axe du cylindre sur l'horizontale.

Pour former les alvéoles, on prenait autrefois une tôle de zinc que l'on perforait de trous de dimensions convenables, et on doublait ensuite cette tôle ainsi perforée, avec une seconde

tôle pleine. Ce mode de construction est aujourd'hui complètement abandonné, et on détermine les alvéoles dans l'épaisseur de la tôle de zinc, soit par estampage, soit par fraisage (fig. 34). L'estampage donne des alvéoles à bords arrondis, tandis que le fraisage permet d'obtenir des arêtes vives ; on peut par suite

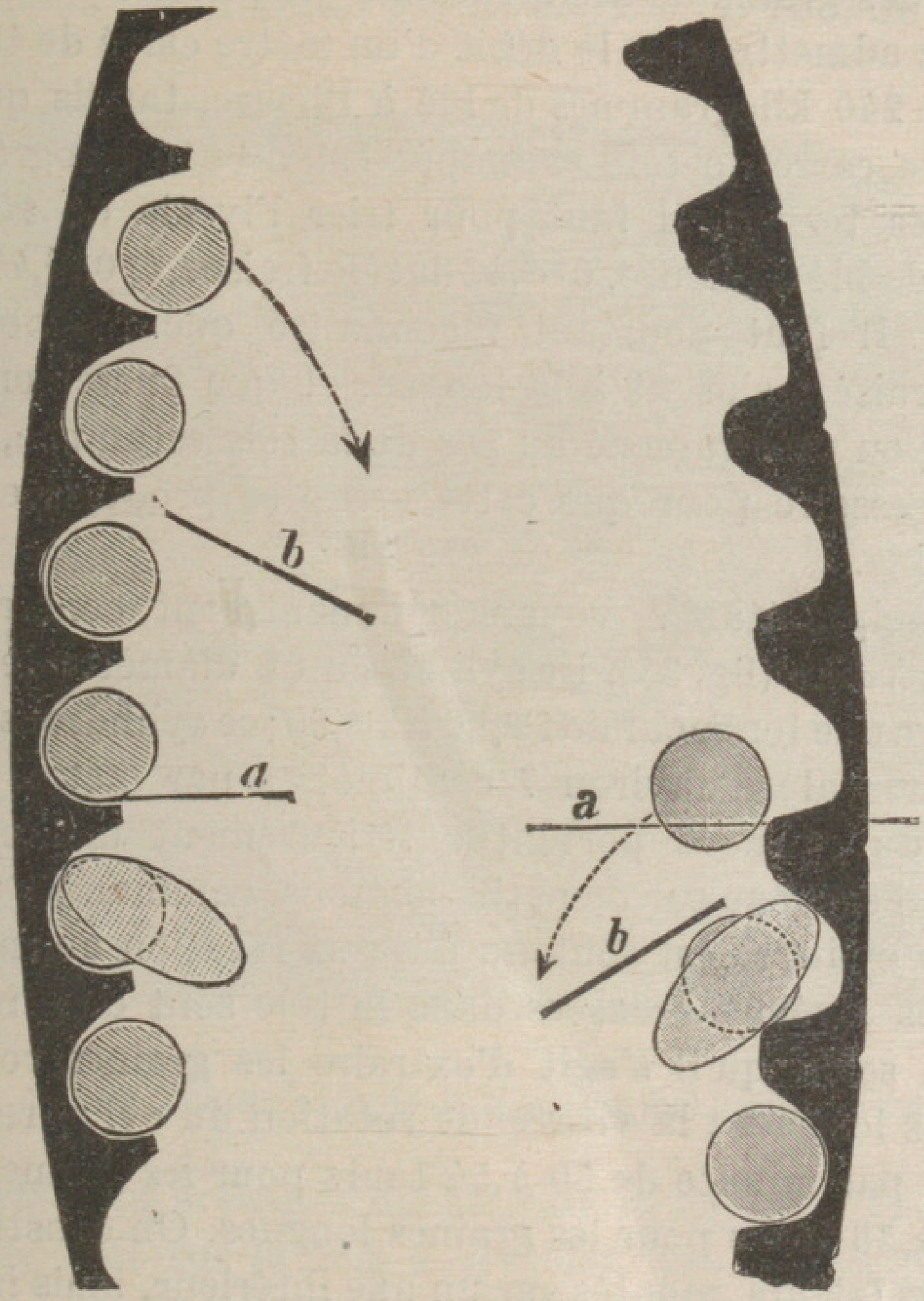


Fig. 34. — Alvéoles fraisées et estampées

placer un plus grand nombre d'alvéoles sur une même surface. Pour un diamètre d'alvéoles de 5 millimètres, la distance des alvéoles d'axe en axe est de $6^{mm},3$ pour le cas du fraisage et de $7^{mm},2$ pour le cas de l'estampage ; les largeurs des pleins entre les alvéoles sont respectivement de $1^{mm},3$ et de $2^{mm},2$; le nombre des alvéoles fraisées dépasse donc, théoriquement au moins, le nombre des alvéoles estampées de 25 à 30 p. 100.

En outre, le travail exécuté par les alvéoles à arêtes vives est bien meilleur que celui exécuté par les alvéoles à bords arrondis ; les graines rondes, logées dans les alvéoles, sont remontées beaucoup plus haut, lorsque le cylindre vient à tourner, dans le premier cas que dans le second ; la séparation des graines rondes et des grains de blé sera donc plus nette.

On peut admettre que le débit d'un mètre carré de tôle fraisée est de 240 kilogrammes de blé à l'heure, tandis que celui d'un mètre carré de tôle estampée est de 210 kilogrammes ; en d'autres termes, il faut pour trier l'ivraie de 100 kilogrammes de blé à l'heure, $0^{m2},42$ de tôle fraisée, et $0^{m2},47$ de tôle estampée. Il faut pourtant reconnaître que les bords des alvéoles fraisées s'usent à la longue, et que finalement on se trouve à peu près ramené au cas de la tôle estampée, mais le temps nécessaire pour que cette usure se produise est assez considérable.

Ces principes établis, voyons comment sont construits les *trieurs à alvéoles* (fig. 35). Le cylindre a un diamètre de $0^{m},60$ à $0^{m},85$, avec une longueur de $1^{m},50$ à $3^{m},50$; ce cylindre est incliné sur l'horizontale d'environ 7 centimètres par mètre. Les extrémités du cylindre portent extérieurement une couronne dentée, qui engrène sur de petits pignons, commandés par une poulie ; le cylindre est soutenu dans sa rotation au moyen de galets. Les alvéoles creusées dans la tôle sont de dimensions variables, selon qu'il s'agit d'extraire les graines rondes ou les graines longues ; la vitesse de rotation du cylindre sur lui-même est par minute de 50 à 54 tours pour les graines rondes et de 54 à 58 tours pour les graines longues. On construit également des trieurs, montés sur un axe intérieur, mais immobile et formant seulement l'arbre de rotation du tambour, qui s'appuie sur cet axe au moyen de deux croisillons ; l'entraînement de l'appareil se fait au moyen d'une roue dentée placée à l'une des extrémités du cylindre, et engrenant avec un petit pignon ; les vitesses de rotation sont comprises dans ce cas entre 13 et 17 tours pour les graines rondes, 14 et 18,4 pour les graines longues.

A l'intérieur du cylindre, et suivant sa longueur, est disposée une goulotte métallique, dans laquelle tourne une vis

d'Archimède, dans un sens tel que la marchandise, contenue dans la goulotte, chemine dans le sens contraire à la pente générale du trieur. La goulotte est reliée avec la périphérie du tambour, mais d'un côté seulement, du côté où le cylindre s'élève en tournant, par un plan incliné formé de plusieurs petits volets métalliques, garnis de cuir du côté du tambour.

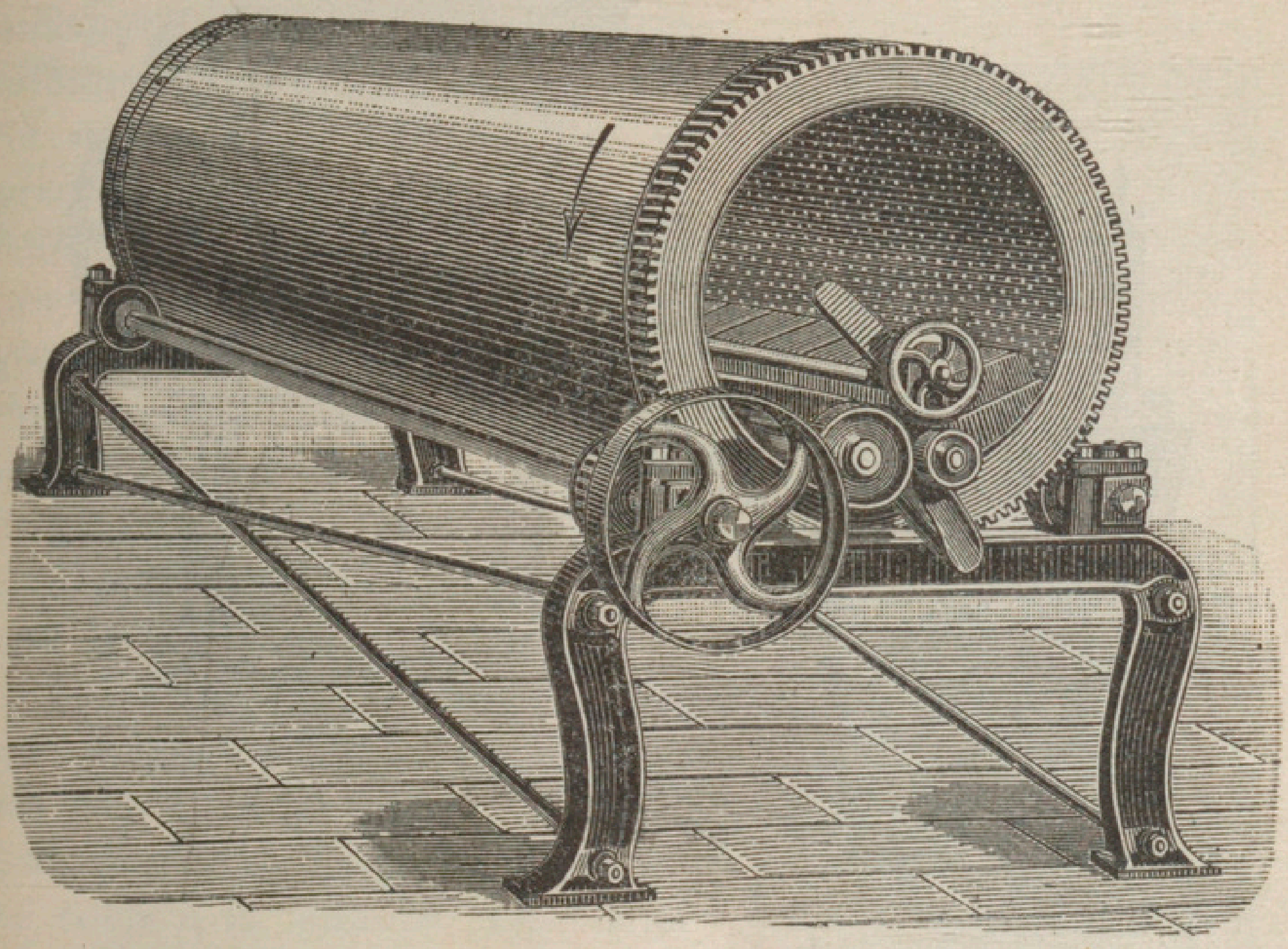


Fig. 35. — Trieur simple à graines longues ou rondes.

Ces volets sont articulés du côté de la goulotte et appuyent de l'autre côté sur la tôle à alvéoles. Les choses étant ainsi disposées, le mélange qu'il s'agit de trier est déversé à la partie la plus élevée de l'appareil, et, suivant la pente, vient sortir à la partie inférieure. Mais, pendant tout ce trajet, la marchandise a été ballottée sur les alvéoles, les graines rondes (supposons qu'il s'agisse d'un trieur à graines rondes) s'y sont logées, et, par suite de la rotation du cylindre, elles se trouvent élevées peu à peu, jusqu'au moment où, par suite de l'inclinaison de la tôle, elles quittent leur logement et tendent à retomber dans le fond du cylindre. Mais, à ce moment, elles ont dépassé le point où les volets sont au contact de la paroi ; les graines

rondes tombent alors sur le plan incliné, glissent sur lui, pour venir se réunir dans la goulotte ; la vis d'Archimède les entraîne pour les évacuer du côté même où elles étaient entrées, pendant que le blé nettoyé s'écoule seul à la sortie du trieur.

Dans le cas du trieur à graines longues, les choses se trouvent

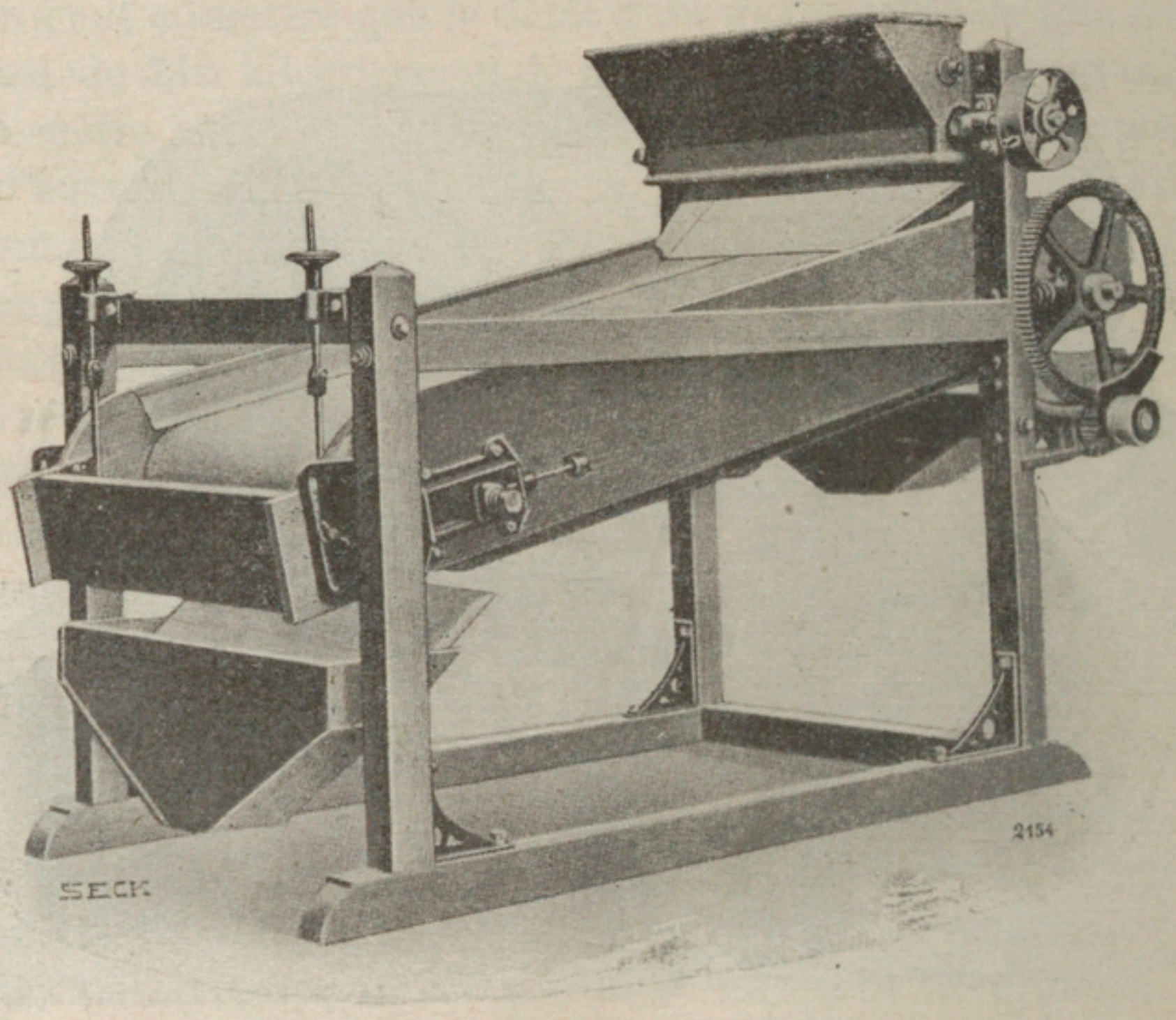


Fig. 36. — Séparateur de graines rondes.

renversées ; ce sont les graines longues qui restent dans le fond de l'appareil, pendant que le blé, s'élevant avec le cylindre, est évacué au dehors par la vis d'Archimède.

Comme les alvéoles retiennent parfois trop énergiquement le produit qu'elles ont recueilli, on adapte à l'extérieur du tambour de petits marteaux qui viennent, à intervalles réguliers, frapper la tôle, et forcer les alvéoles à se vider de leur contenu.

Ces appareils fonctionnent de façon excellente ; toutefois, comme il reste presque toujours dans le déchet une certaine proportion de petit blé, qui a une valeur assez considérable, on reprend le résidu du triage et on lui fait subir un nouveau

triage dans un trieur de reprise, approprié à la nature des graines à trier.

Les trieurs à graines rondes et à graines longues sont le plus souvent montés côte à côte sur le même bâti, et ils travaillent tous ensemble, en batterie.

Appareils pour le triage des déchets. — Les déchets obtenus dans les appareils précédents sont constitués par un mélange de graines de valeurs très différentes : dans les installations de quelque importance, on se préoccupe parfois de classer ces déchets pour en extraire les graines de vesces, rondes, qui ont généralement une certaine valeur marchande. On peut employer, pour faire ce travail, le séparateur de graines rondes de Seck frères, de Dresde (fig. 36), constitué par une bande sans fin d'une largeur de 50 centimètres à 1 mètre, avec une longueur de 2 mètres, enroulée sur deux rouleaux extrêmes qui tournent à une vitesse de 80 tours à la minute. Les deux rouleaux ne sont pas contenus dans le même plan horizontal, de façon que la bande présente une certaine inclinaison, que l'on doit du reste régler selon la nature des produits travaillés. Le mélange des déchets est déversé au moyen d'une trémie, à la partie la plus haute ; les graines rondes roulent en suivant la pente, et tombent à la partie inférieure, pendant que les autres graines, présentant des parties plates, restent sur la bande et sont déversées à la partie supérieure.

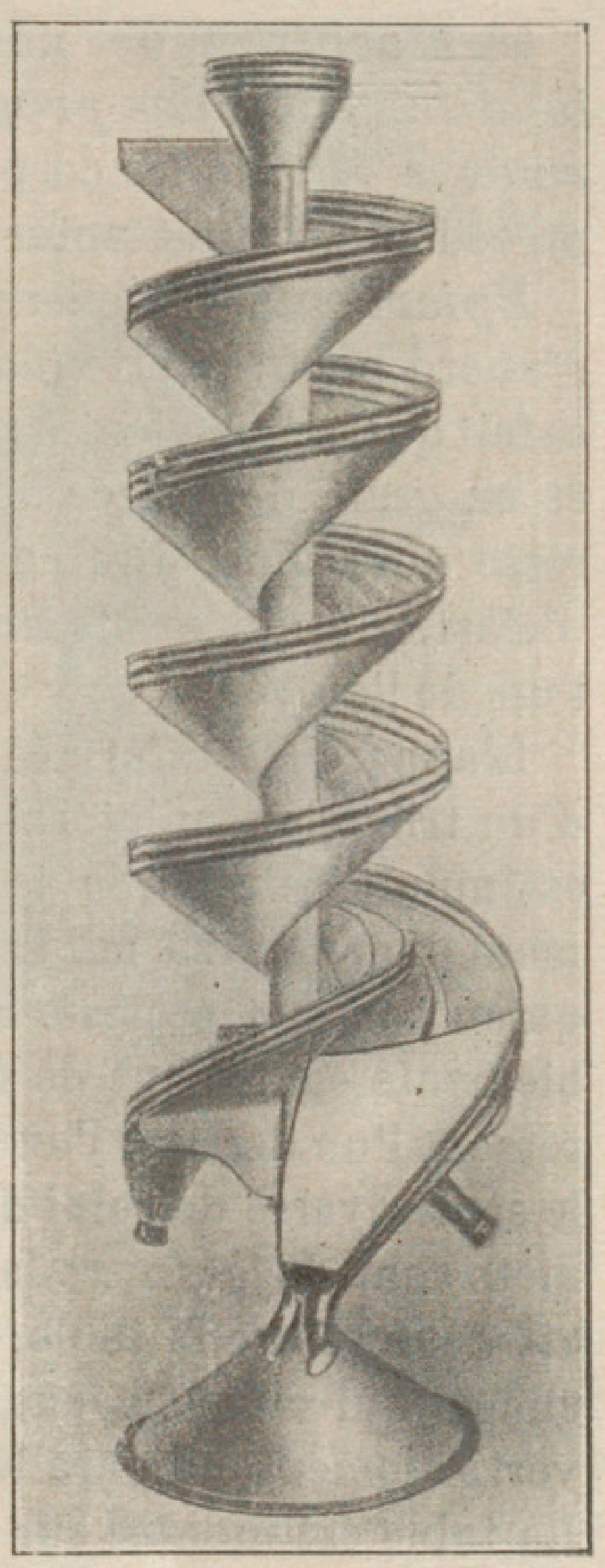


Fig. 37. — Escargot-trieur.

Un classement du même ordre peut être obtenu au moyen

d'un escargot trieur (fig. 37), formé d'un plan enroulé en spirale, autour d'un axe vertical ; ce plan va en s'élargissant de plus en plus depuis le haut jusqu'en bas. Le principe de cet appareil est le suivant : si on fait descendre le long du plan un mélange de graines de formes différentes, les plus rondes, et les plus grosses tendent à s'écarter le plus possible de l'axe vertical, et il se produit de ce fait une séparation. On peut à la partie inférieure recueillir trois ou quatre catégories de produits.

4° *Machines de nettoyage préparatoire basées sur la différence des propriétés entre le blé et les impuretés.* — Parmi les corps qui ont pu résister aux traitements précédents, il faut noter les pierres et les débris métalliques.

Épierreur.— L'épierreur a été imaginé par Josse et construit d'abord par Hignette (fig. 38). Son fonctionnement repose sur ce fait que, si l'on vient à projeter sur une surface dure un caillou et un grain de blé, ce dernier rebondit, tandis que le premier reste pour ainsi dire en place ; on met à profit la différence d'élasticité qui existe entre les deux corps pour les séparer l'un de l'autre.

L'appareil est formé d'une table de bois, ayant la forme d'un triangle équilatéral de $1^m,80$ à $2^m,50$ de côté ; cette table est munie de rebords de $0^m,20$ de haut, et elle est très légèrement inclinée, 25 millimètres depuis la base du triangle jusqu'au sommet opposé. Sur la table sont disposés deux entablements également de forme triangulaire et placés immédiatement l'un derrière l'autre. Ces entablements sont dirigés dans le sens inverse de celui de la table : c'est-à-dire que leurs sommets sont dirigés vers la base de l'épierreur. Le blé à épierrer est déversé sur la table, par glissement sur une planchette inclinée qui aboutit entre deux autres planchettes, placées verticalement et parallèlement aux côtés des entablements. La table est montée sur une série de lattes flexibles en bois de frêne de 1 mètre de haut, et maintenues dans des mâchoires de fonte, fixées d'un côté à la face supérieure de la table, et de l'autre sur le bâti. Parfois la table épierreuse, au lieu d'être ainsi supportée sur le sol, est suspendue au plafond, toujours par l'intermédiaire de lattes flexibles. Au moyen d'une ou deux bielles, disposées parallèlement à la base de l'appareil,

on imprime à tout le système un mouvement de va-et-vient ; l'amplitude des oscillations est de 100 à 150 millimètres, et leur nombre varie de 100 à 125 par minute. La marchandise, déversée sur la table ainsi oscillante, sur une épaisseur de 5 centimètres environ, est aussitôt ballottée entre les rebords de la table et ceux des entablements. Dans ces conditions, les pierres, qui sont à peu près complètement dénuées d'élasticité,

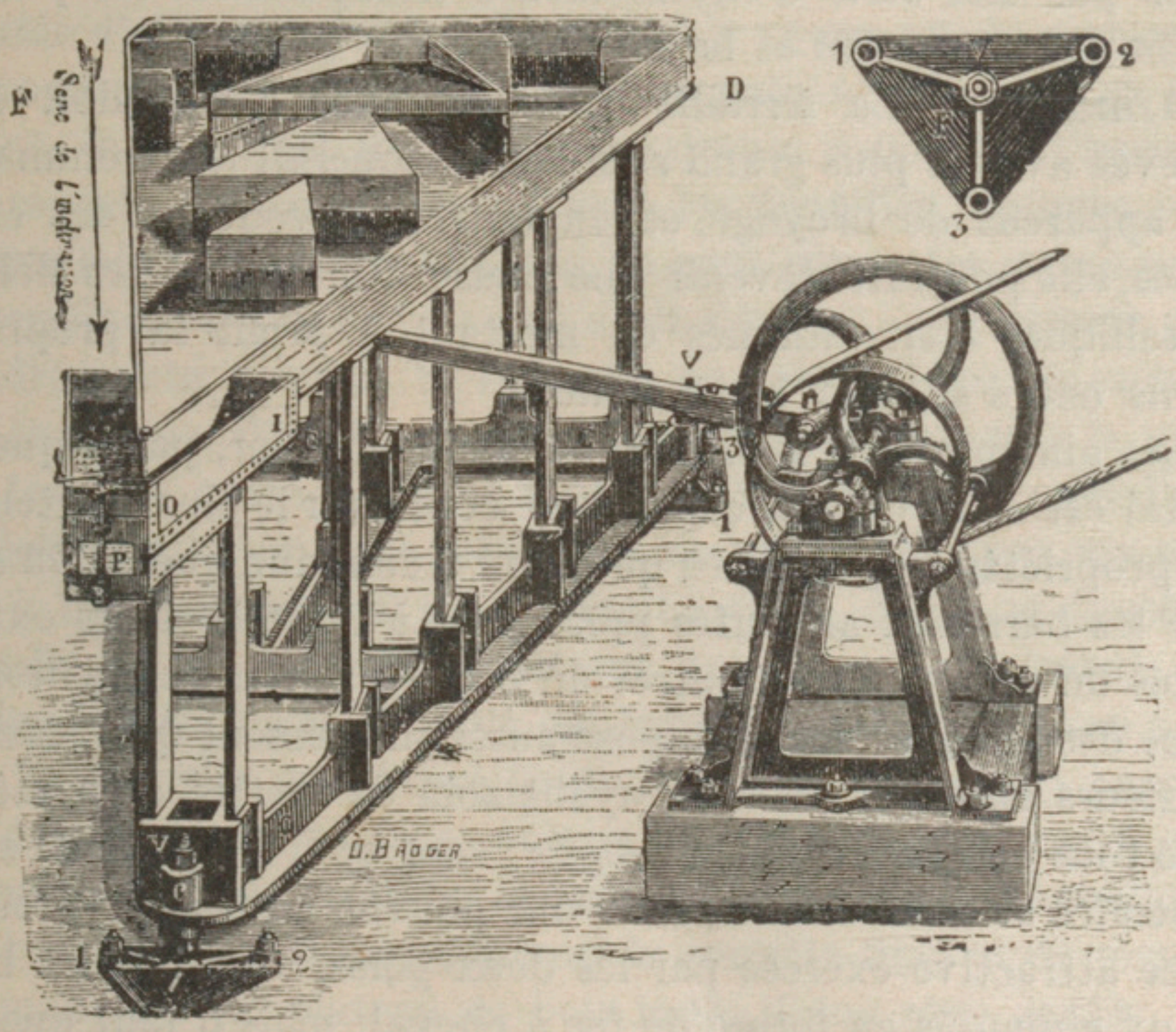


Fig. 38. — Épierreur.

suivent la pente générale de l'appareil, se réunissent vers la pointe du triangle, passent dans une petite chambre destinée à les recevoir, et sont de là déversées par une manche souple en toile dans un sac ou dans un panier. Les grains de blé, au contraire, qui sont parfaitement élastiques, rebondissent à chaque oscillation, soit sur les entablements, soit sur les rebords de la table, en faisant chaque fois un angle de réflexion égal à l'angle d'incidence. Les angles de l'appareil ont été calculés, de telle sorte que les grains de blé soient obligés de rebrousser chemin, en remontant la pente générale, et de venir finalement

sortir par deux ouvertures placées de chaque côté de la trémie d'alimentation. Ces appareils peuvent travailler par heure depuis 3 jusqu'à 40 hectolitres de blé, contenant environ 1 p. 100 de pierres. On construit également des épierreurs, fonctionnant toujours d'après le même principe, mais de forme rectangulaire. Le mélange de blé et de pierres est déversé vers le milieu de la table, et, grâce à un système de chicanes, formées par une série d'entablements triangulaires, les pierres s'écoulent d'un côté et le blé de l'autre.

Aimant. — La ferraille contenue dans le blé doit être enlevée avec le plus grand soin ; elle risquerait d'endommager les appareils de broyage, et, en outre, provoquant des étincelles, elle pourrait devenir une cause d'incendie. Les débris métalliques sont éliminés en mettant à profit la propriété qu'ils ont d'adhérer à un aimant.

Les aimants sont fabriqués du meilleur acier, parce que ce métal est celui qui est capable de conserver le plus longtemps les propriétés magnétiques qu'on lui a communiquées. On sait que les barreaux aimantés présentent à l'une de leurs extrémités un pôle + et à l'autre un pôle — ; pour augmenter la force des aimants, on juxtapose aussi intimement que possible plusieurs barreaux, mais en ayant soin de mettre d'un même côté tous les pôles de même signe ; sans quoi les pôles de sens contraire se neutraliseraient. Pour pouvoir utiliser à la fois la force attractive exercée par les deux pôles, on replie les barreaux aimantés en forme de fer à cheval, mais il faut que les deux pôles restent suffisamment éloignés pour ne pas s'influencer réciproquement ; en pratique, on les sépare au moyen d'une substance isolante. Dans ces conditions, un aimant en fer à cheval, formé par la courbure de dix lamelles rectilignes, possède une puissance attractive qui représente à peu près vingt fois la puissance d'une lamelle isolée. Les barreaux d'acier, de section rectangulaire, mesurant 7 à 8 millimètres sur 40 millimètres, sont ceux qui s'aimantent le plus fortement. Enfin, il faut plier les barreaux aimantés suivant leur largeur ; si on les pliait en sens contraire, on diminuerait la puissance attractive de l'aimant.

Les aimants lamellaires, repliés en fer à cheval, sont toujours

ceux dont on fait usage en meunerie ; ils sont munis ou non d'une raclette automatique.

L'aimant est enveloppé dans une caisse de bois et la surface polaire seule est libre. Les lamelles de l'aimant sont réunies du côté des pôles par un boulon en laiton, métal non magnétique, qui constitue la matière isolante. La surface polaire est disposée sur le fond d'un canal de bois, garni de zinc pour éviter l'usure, et, dans ce canal, coule le blé provenant d'une trémie d'alimentation à débit réglable ; pour que la vitesse du blé ne soit pas trop considérable, en passant au-dessus de l'aimant, le canal est incliné au maximum à 30° sur l'horizon. Il importe d'enlever très souvent les ferrailles retenues pour ne pas surcharger l'aimant, qui ne peut supporter qu'un poids déterminé, et qui, si ce poids était dépassé, ne pourrait plus rendre aucun service. Si l'aimant ne comporte pas de raclette automatique, il faut enlever les débris métalliques à la main de temps à autre. Le plus souvent, l'appareil est muni d'une raclette de laiton, qui reçoit son mouvement d'une vis sans fin à filets contraires, pour aller tantôt à droite et tantôt à gauche, et qui, passant au-dessus des pôles de l'aimant, entraîne la ferraille et l'évacue par le côté. Cette disposition n'est pas rationnelle, parce que, toute la masse métallique passant au-dessus de la surface polaire, il faut vaincre, par une dépense de force motrice, la force de résistance magnétique.

Il est préférable de maintenir la raclette fixe, et de monter l'aimant sur un plateau de bois muni d'une roue dentée, engrenant avec une vis sans fin, de sorte que le plateau tourne et que les pôles garnis de ferraille viennent successivement passer sous la raclette ; un canal latéral permet aux débris métalliques de s'écouler. Lorsque l'appareil ne fonctionne pas, il est de toute nécessité, si l'on ne veut pas voir l'aimant perdre sa force magnétique, de relier les deux pôles au moyen d'une plaque de fer.

Élimineur d'ail. — Certains blés, provenant des régions de l'Ouest, contiennent, en quantité parfois considérable, des graines d'ail, qui ont exactement la même forme et les mêmes dimensions que le grain de blé lui-même. M. Aubert sépare cette impureté en mettant à profit la différence de dureté

qui existe entre le blé et les grains d'ail. En faisant passer la marchandise entre deux rouleaux, tournant en sens inverse, l'un des rouleaux étant recouvert de caoutchouc, et l'autre étant tout hérissé de pointes, les grains de blé qui sont durs passent indemnes, tandis que les graines d'ail qui sont peu résistantes sont piquées au passage.

Calibrage du blé. — Souvent le calibrage du blé, c'est-à-dire sa répartition en lots comprenant des grains d'une grosseur déterminée, se fait après le nettoyage préliminaire; ce qui permet de régler les appareils de nettoyage proprement dit pour une grosseur de grains déterminée. Les calibreurs à blé sont formés de carcasses à six pans ou de tambours cylindriques que l'on garnit d'une toile métallique de grosseur convenable. Pour séparer le petit blé et le gros blé, on garnit les appareils avec un tissu de numéro 8 à 10. Les appareils cylindriques tournent avec une vitesse linéaire de $0^{m},9$ par seconde, et présentent une inclinaison de 10 p. 100 ; pour calibrer 100 kilogrammes de blé à l'heure, il faut autant de fois $0^{m^2},21$ de surface filtrante que l'on veut faire de lots différents moins un, le lot comprenant les grains les plus gros étant constitué par le rejet de l'appareil. Le plus souvent, les calibreurs sont montés sur le même bâti que les trieurs.

NETTOYAGE PROPREMENT DIT

Nous nous trouvons maintenant en face d'un blé complètement privé de corps étrangers; mais, pour parachever le nettoyage, il faut encore enlever les poussières adhérentes aux grains et en même temps leur enlever les poils et l'épiderme. Souvent toutes ces opérations sont faites par le même appareil, qui frotte les grains de blé, soit les uns contre les autres, soit contre une surface rugueuse, et on achève le nettoyage en brossant vigoureusement les grains.

Autrefois le grattage du grain était effectué au moyen d'une *ramonerie*, formée par un cylindre vertical de bois, haut de 2 mètres, large de $0^{m},80$, et tournant dans une enveloppe également cylindrique, fixe, d'un diamètre légèrement supé-

rieur à celui du cylindre mobile. Les surfaces, externe du cylindre et interne de l'enveloppe, étaient garnies de tôle-râpe, tôle de fer ou d'acier, dans laquelle on perçait des trous au moyen d'un poinçon pointu triangulaire. La surface travaillante était constituée par les bords saillants et tranchants des trous. Le blé était déversé à la partie supérieure de l'appareil, entre les deux surfaces de tôle-râpe, et gratté tout le temps qu'il mettait à descendre jusqu'à la partie inférieure. On renonce le plus souvent aujourd'hui à l'emploi de ces tôles-râpes, qui, lorsqu'elles sont neuves, attaquent trop le grain et mélangent à la mouture des particules de son, et qui, au bout de quelque temps, s'émoussent et n'effectuent plus le travail voulu.

Les machines modernes qui effectuent le nettoyage proprement dit peuvent se répartir en trois groupes : celles où le blé est frotté contre une surface rugueuse (ce sont les machines à râpes); celles où le blé est projeté vigoureusement contre une surface dure (machines à batteurs, colonnes épointeuses) ; celles enfin où le blé est soumis à l'action de brosses.

Machines à râpes. — Le grattage du grain peut se faire par passage entre deux meules de pierre, disposées comme les meules que nous décrirons un peu plus loin à propos de la mouture. Les meules de nettoyage sont faites de grès, et on les laisse lisses ; on a soin de maintenir les deux meules suffisamment écartées l'une de l'autre pour qu'aucun broyage ne puisse se produire. Seule, une des meules tourne, et c'est tantôt la meule supérieure, tantôt la meule inférieure. Les meules agissent en frottant les grains de blé contre les aspérités de leur surface ; on empêche, en outre, la libre sortie de la marchandise pour que les grains se froissent les uns contre les autres. Au moyen d'un ventilateur, on enlève tous les déchets qui se produisent pendant le nettoyage.

Dans la *râpe* ou *peleuse de Kapler*, les meules de pierre naturelle sont remplacées par des disques d'émeri cimentés sur des plateaux de fonte. L'appareil comprend quatre séries de disques disposés deux à deux, les uns au-dessus des autres : dans chaque série le disque supérieur est fixe et le plateau inférieur tourne avec une vitesse linéaire de 18 mètres par seconde,

Les plateaux mobiles sont montés sur un même arbre que l'on peut élever ou abaisser, de manière à faire varier l'écartement des plateaux de chaque série. Le blé est déversé à la partie supérieure, entre les deux disques de la première série ; il passe entre les deux surfaces d'émeri, sort à la périphérie des plateaux, tombe dans un entonnoir qui le déverse entre les plateaux de la seconde série, et ainsi de suite jusqu'à la partie inférieure de l'appareil. Au-dessous du bâti est disposé un ventilateur, qui aspire l'air de haut en bas à travers tout le système, et qui agit sur le blé à sa sortie, entraînant toutes les poussières et particules détachées du grain. Toutes ces impuretés vont se déposer dans une chambre à poussières. Cette machine a une surface travaillante totale de $0^{m2},38$ pour un débit moyen de 350 kilogrammes par heure.

Le *nettoyeur Hignette* (fig. 39) agit encore sur le grain de blé en le froissant, en le polissant entre des cônes de tôle munis d'une garniture d'émeri. Ces plateaux, en forme de cônes, ou plutôt de troncs de cône, sont disposés renversés, la plus grande base tournée vers la partie supérieure. Les cônes de rang impair sont fixes et retenus à leur périphérie entre des cercles de fonte, placés les uns au-dessus des autres et dont la superposition forme un cylindre qui enveloppe tout l'appareil. Cette enveloppe de fonte est percée de fenêtres rectangulaires, grillagées au moyen d'une toile métallique à grosses mailles. Suivant l'axe de l'appareil est disposé un axe vertical, sur lequel est monté un tambour, et ce tambour supporte d'autres plateaux tronconiques, qui sont cette fois mobiles, et qui viennent s'intercaler entre les plateaux fixes précédents. Les plateaux fixes s'arrêtent, vers la partie centrale du nettoyeur, à une petite distance du tambour mobile, et les plateaux mobiles s'arrêtent, au contraire, à une petite distance de l'enveloppe externe. La face supérieure des plateaux mobiles supporte la garniture d'émeri ; la face inférieure des plateaux fixes est simplement munie de redents en tôle formant obstacles. Le blé qu'il s'agit de nettoyer est déversé à la partie supérieure : il glisse sur le premier cône fixe, et s'engage, vers la partie centrale du nettoyeur, entre le cône fixe et le premier plateau mobile ; chassé par l'action de la force cen-

trifuge, il remonte entre les deux surfaces, frotté par l'émeri, et retardé dans son mouvement par les obstacles supportés par le plateau fixe. Arrivé à la périphérie, le grain tombe sur

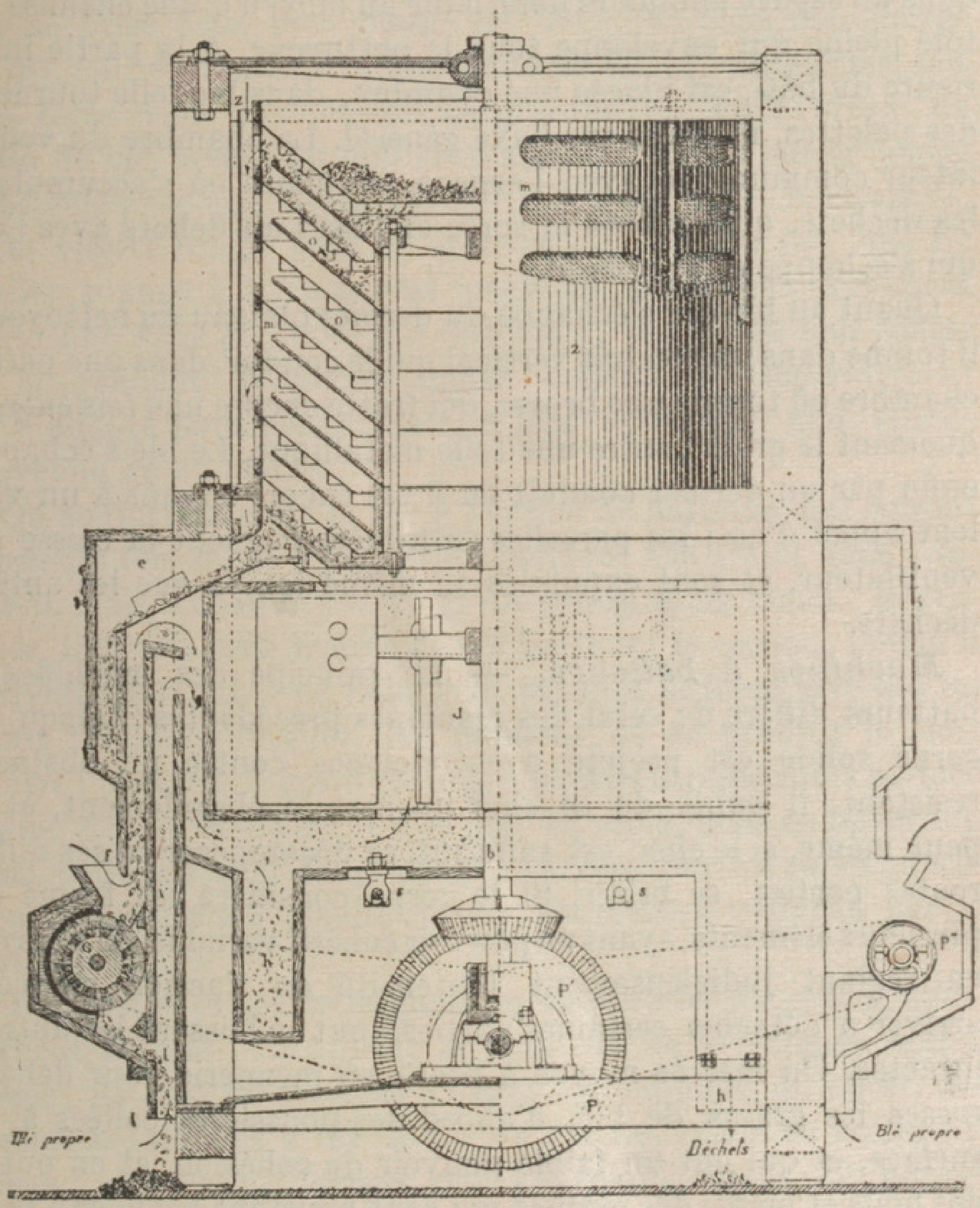


Fig. 39. — Nettoyeur Hignette.

la face supérieure du second plateau fixe, qui le ramène vers la partie centrale de l'appareil, où il s'engage sur le second plateau mobile ; les mêmes phénomènes se reproduisent d'élément en élément, jusqu'à ce que le blé sorte par la partie inférieure, comme nous allons le voir. Les particules détachées

des grains, poils, poussières, fragments d'épiderme, projetés à la périphérie de l'appareil, passent au travers des fenêtres grillagées dont nous avons signalé la présence et sont récoltées dans un espace annulaire déterminé au moyen d'une chemise de tôle pleine qui enveloppe tout le nettoyeur. A la partie inférieure du bâti, est placée une chambre, dans laquelle tournent des palettes, montées sur l'axe général. La chambre du ventilateur communique avec l'espace annulaire où s'accumulent les déchets, qui sont de la sorte expulsés au dehors avec l'air qui s'échappe de l'appareil.

Quant au blé qui s'échappe du dernier plateau du nettoyeur, il tombe dans un conduit vertical qui le conduit dans une petite chambre où tourne une brosse, qui frotte encore une fois énergiquement le grain contre une toile métallique. Le blé s'échappe enfin par un dernier conduit où il est encore soumis à un violent appel d'air ; les parcelles entraînées gagnent la caisse du ventilateur, et sont expulsées en même temps que les autres déchets.

Machines à batteurs. — Le principe des machines à batteurs diffère de celui des machines précédentes : lorsqu'un corps solide est projeté avec violence contre un obstacle résistant, il subit de ce chef un certain ébranlement, et il peut même, si le choc est suffisant, se décomposer en ses différentes parties, se briser. Si le corps considéré est formé de plusieurs éléments, ayant un pouvoir cohésif variable, on pourra, en réglant judicieusement l'intensité de l'action exercée, arriver à détacher certaines parties, tout en laissant les autres intactes. On met ce moyen à profit en meunerie pour débarrasser les grains de blé, d'abord des poussières collées à la surface, et qui ont un faible pouvoir de cohésion, et en outre des poils et même des germes qui sont pourtant beaucoup plus fortement adhérents. Pour que le choc soit suffisant, il faut que les grains de blé soient animés d'une vitesse convenable, au moment où ils vont rencontrer l'obstacle ; cette vitesse pourrait être obtenue en laissant tomber simplement la marchandise d'une certaine hauteur; il est plus pratique d'obtenir la vitesse désirée par l'action d'un batteur. Il faudra donc obtenir une vitesse capable, sous l'effet d'un choc

brusque, de faire sauter les parties peu cohérentes du grain, mais trop faible cependant pour arriver à briser le grain lui-même. Il est acquis par l'expérience qu'un grain de blé demi-dur se brise sous une charge de $5^{kg},5$, ou sous une charge de $0^{kg},250$, en tombant d'une hauteur de 35 millimètres, soit une force vive de 0,00625 kilogrammètre. Pour briser un grain de blé pesant 40 milligrammes, il faut le lancer contre l'obstacle avec une vitesse de $54^{m},2$ à la seconde. A la vérité, cette vitesse limite peut se trouver abaissée du fait que les grains, soumis à l'action des machines à batteurs, subissent toute une série de chocs qui disloquent peu à peu leur masse et la rendent beaucoup moins cohérente. Généralement on a adopté pour les batteurs, à leur extrémité, une vitesse moyenne de 20 mètres.

On soumettra donc le blé à l'action de batteurs, qui agiront plusieurs fois sur le même grain pendant son trajet dans l'appareil, mais à chaque fois ce grain subira deux chocs : le premier, lorsqu'il sera heurté par le batteur ; le second, lorsqu'il arrivera au contact de l'obstacle, perdant la force vive qui lui avait été communiquée. Au moment où se produit le choc contre l'obstacle, le grain est tout d'abord entraîné sur la surface même de cet obstacle, et il se produit alors, mais en beaucoup plus petit, l'action de grattage, exercée par les râpes précédentes. Le grain rebondit ensuite, est repris à nouveau par le batteur, etc.

Les obstacles contre lesquels on va projeter les grains, constituent ce que l'on appelle le manteau de la colonne épointeuse ; ils sont de diverses natures. On emploie, en effet : des tissus métalliques à fils de fer ou d'acier, ronds ou rectangulaires ; des tissus formés par l'entrecroisement de petites bandes plates d'acier ; des tôles de fer ou de zinc percées ; des tôles d'acier découpées à l'aide de poinçons qui découpent un rectangle sur trois de ses côtés, la découpure étant légèrement relevée suivant le quatrième côté du rectangle. On constitue encore des manteaux de nettoyage, en disposant de petits fers plats, séparés par des lattes de bois, de manière que les fers fassent saillie à l'intérieur de l'appareil ; ou bien on fait usage de plaques d'acier dont la surface est tra-

vaillée à la manière d'une lime, ou encore, enfin, de revêtements en pierre artificielle, émeri, quartz, craie, réunis par un liant approprié. Les manteaux des trois dernières catégories présentent l'inconvénient que, leur surface n'étant pas ajourée, le départ des particules détachées par le choc ne peut pas se faire immédiatement ; on peut remédier à cet inconvénient en rapportant de place en place, dans la surface du manteau, des plaques de tôle de fer percées d'ouvertures oblongues étroites qui permettent la circulation de l'air et le départ des déchets. On distingue dans les nettoyeurs à batteurs deux catégories : les machines à axe vertical, et les machines à arbre horizontal.

La *colonne épointeuse à axe vertical*, d'origine américaine, est désignée sous le nom de Euréka ; elle se compose d'un arbre vertical, tournant à sa partie inférieure dans une crapaudine, et commandé à sa partie supérieure au moyen d'une poulie et d'une courroie. Sur cet arbre, sont montés les batteurs, au nombre de huit à douze, placés parallèlement à l'arbre et constitués par des barres de fer de 50 millimètres de large sur 3 millimètres d'épaisseur, distants de 240 millimètres, espace compté sur la circonférence externe du cylindre que forment ces batteurs, ce cylindre ayant environ 50 centimètres de haut sur un diamètre à peu près égal. Les batteurs sont maintenus en place au moyen de deux plateaux : l'un, placé à la partie supérieure, a un diamètre égal à celui de la circonférence formée par les batteurs et sert de distributeur à grains ; l'autre, placé à la partie inférieure, a le diamètre le plus faible possible, pour ne pas gêner l'accès de l'air, appelé par la partie inférieure de l'appareil, au moyen d'un ventilateur installé au-dessus du cylindre batteur. Le manteau de travail de la colonne, forme un cylindre concentrique au cylindre batteur et distant de lui de 15 à 20 millimètres. Ce manteau est constitué, soit par une tôle perforée, soit par un tissu métallique ; on le fait en deux pièces pour qu'il soit facilement démontable. Extérieurement à ce manteau de travail, et à une distance de 45 millimètres, se trouve une chemise de tôle pleine, et, l'espace annulaire ainsi déterminé communique avec la caisse du ventilateur. A la partie supérieure et à la

partie inférieure, l'appareil est fermé au moyen de deux disques de fonte : le disque supérieur porte en son centre une petite ouverture pour le passage de l'arbre et pour l'entrée du blé ; le disque inférieur est pourvu en son centre d'une large ouverture à rebords pour l'entrée de l'air et sur un côté d'une ouverture plus petite par où le blé épointé pourra s'échapper. Le blé, déversé à la partie supérieure de l'instrument, tombe sur le plateau distributeur ; saisi par les batteurs, il est projeté

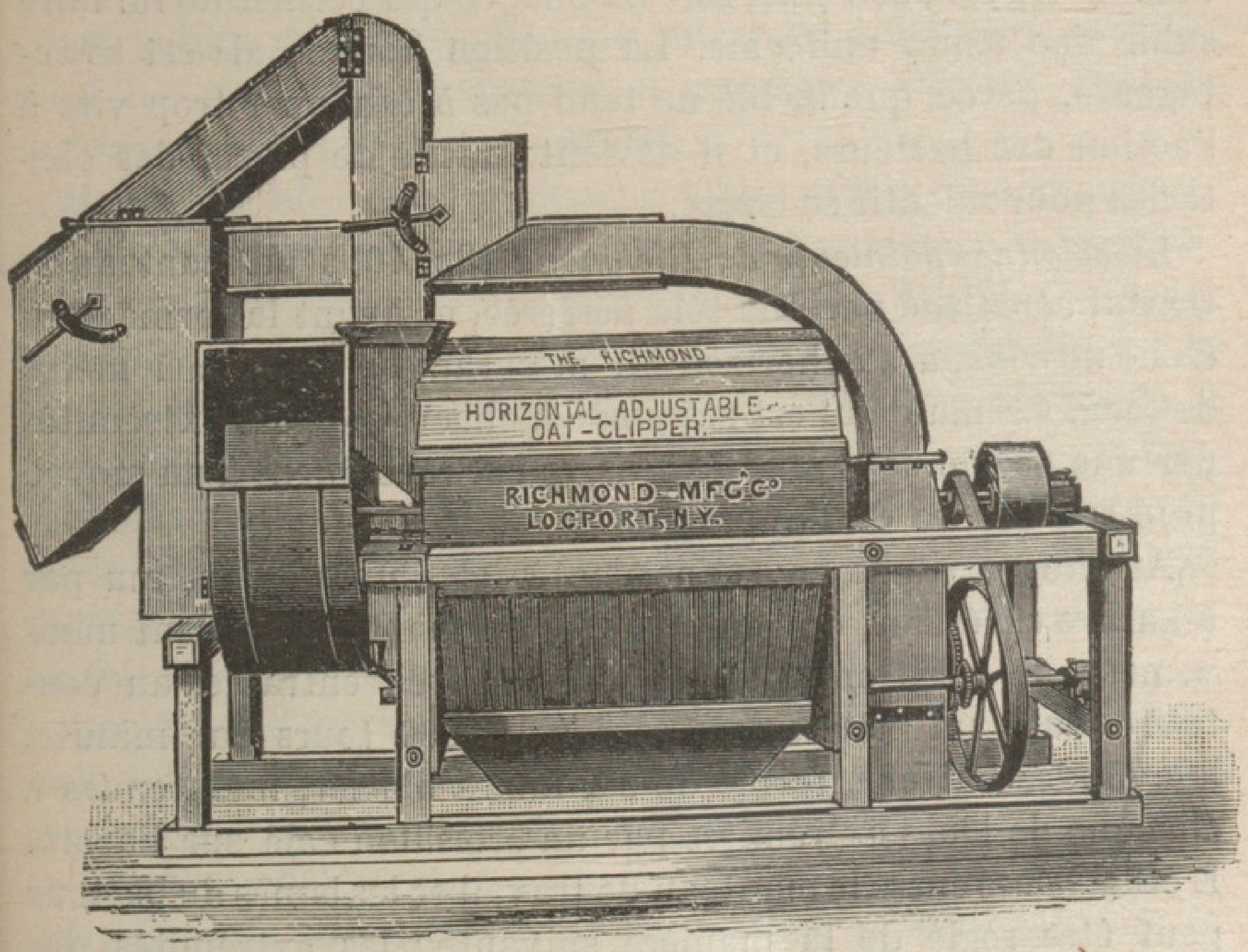


Fig. 40. — Colonne épointeuse (Système Richmond).

contre le manteau de travail, revient contre les batteurs jusqu'à ce qu'il soit tombé sur le plateau inférieur, d'où il est évacué au dehors. Pour retarder la chute du blé, et pour que tous les grains soient soumis à un nombre de chocs suffisant, la paroi interne du manteau de travail est garnie de cinq cercles à section demi-ronde qui forcent les grains à rejaillir vers le centre de l'appareil, dans la zone où se meuvent les batteurs. Les déchets traversent les ouvertures du manteau, se rassemblent dans l'espace annulaire limité par la chemise

de revêtement et sont expulsés par le ventilateur. Enfin le blé qui sort de la machine est envoyé dans un conduit où il est encore soumis à l'action d'un courant d'air qui achève de le nettoyer. Pour un manteau de travail mesurant 50 centimètres de haut sur 50 centimètres de diamètre, les batteurs tourneront à une vitesse de 800 tours à la minute, et le débit de l'appareil sera par heure de 700 kilogrammes.

Les *colonnes épointeuses à axe horizontal* ont leur manteau de travail, soit fixe, soit mobile, ce qui permet de lui faire subir une usure uniforme. La position horizontale est avantageuse, parce que le blé ne tend pas à échapper trop vite à l'action des batteurs, et il devient inutile de placer des obstacles pour ralentir sa chute.

La *colonne épointeuse de Richmond* (fig. 40) a un manteau de travail constitué par une tôle perforée, et ayant la forme d'un tronc de cône, à axe horizontal, mesurant de $0^{m},80$ à 1 mètre de long. Ce manteau est supporté à chacune de ses extrémités par une couronne munie de bras, qui se raccordent à un moyeu posé sur l'arbre de l'appareil.

Au moyen d'une couronne dentée et d'un pignon, mu par un arbre extérieur, on communique au manteau un lent mouvement de rotation. L'arbre de l'appareil entraîne, au contraire, dans un mouvement rapide de 600 tours par minute, le cylindre batteur, formé de six lames d'acier, maintenues à chacune de leurs extrémités par un croisillon calé sur l'arbre. L'écart laissé entre le manteau de travail et les lames du batteur peut être réglé de la manière suivante : les extrémités des lames, qui peuvent glisser dans des rainures pratiquées dans le croisillon de soutien, sont reliées par deux bielles à deux anneaux taraudés intérieurement et engagés sur un manchon fileté qui entoure l'arbre de rotation. Les deux filetages pratiqués sur le manchon sont de sens contraire l'un de l'autre, de sorte que, si on vient à faire tourner le manchon dans le sens convenable, les deux anneaux s'écartent l'un de l'autre et par suite les lames du batteur se rapprochent de la tôle perforée. Le manteau de travail est contenu dans un coffre de bois cylindrique, terminé par une trémie à sa partie inférieure, où se rassemblent les plus gros déchets. L'arbre de rotation fait,

en outre, mouvoir les palettes d'un ventilateur, dont le courant d'air expulsera les débris les plus légers détachés des grains. L'admission du blé se fait par la plus petite base du tronc de cône, et la sortie par la base opposée. Le courant d'air traverse tout l'appareil et agit, en outre, dans un conduit par où tombe le blé sortant de l'épointeuse. Le fonctionnement de l'appareil est analogue à celui de l'appareil précédent.

Nos constructeurs d'appareils de meunerie ont établi d'autres machines du même genre que les précédentes, mais dans la construction desquelles ils font entrer de préférence maintenant les manteaux de travail à garniture d'émeri, dont la durée est pratiquement indéfinie.

Brosses à blé. —Le brossage des blés, qui se répand aujourd'hui beaucoup en meunerie, est en quelque sorte le complément de l'opération précédente ; la colonne épointeuse a détaché de fines particules qui sont restées encore retenues à la surface du grain ; le sillon de ce dernier renferme encore de la poussière. La brosse a pour but de faire disparaître ces dernières impuretés, de lustrer et de polir le grain. Les brosses de nettoyage sont constituées le plus souvent au moyen de fibres végétales : les fils d'acier ayant une action trop énergique, et les soies ou poils étant au contraire trop tendres.

Les fibres végétales employées à la confection des brosses (crins de Tampico, brins de piassava) sont disposées en aigrettes que l'on fixe sur un fond de bois servant de support (généralement du hêtre rouge). On emploie deux modes de fixation : à la poix ou au fil de fer ; quand on fait usage de la poix, on fore dans le bois une alvéole, s'arrêtant à mi-bois, on trempe la base du paquet de fibres dans de la poix noire et on met en place dans l'alvéole. Pour fixer les fibres au moyen d'un fil de fer, il faut perforer entièrement le support : l'attache se fait alors sur la face opposée à la face travaillante. L'attache au fil de fer est plus solide, mais le revers de la brosse ne reste pas uni, comme dans le cas précédent.

Pour réaliser le brossage du blé, on le travaille au moyen de la brosse contre de la tôle de zinc ou d'acier trouée ou ondulée, ou contre un tissu métallique à fils plats ; ou bien encore on peut passer le grain entre deux surfaces munies de

poils de brosse. Toute brosse devra enfin être complétée par un appareil de ventilation pour enlever instantanément les déchets produits. Les brosses sont à axe vertical ou horizontal, et les premières sont de forme cylindrique ou conique, ou sont constituées par des plateaux garnis de brosses.

Les *brosses à axe vertical de forme cylindrique* rappellent par leur construction les colonnes épointeuses à axe vertical, où les batteurs seraient remplacés par des brosses, tournant à la même vitesse. Les brosses tournent dans un manteau de tôle, percée de trous et munie d'ondulations circulaires pour permettre à l'air de circuler ; les grains s'arrêtent dans ces ondulations et se frottent les uns contre les autres, se polissant réciproquement. Les brosses ne doivent pas toucher la tôle, ce qui donnerait lieu à une grande perte de force ; il faut cependant que l'espace entre la brosse et la tôle soit faible ; il faut donc pouvoir rétrécir à volonté l'enveloppe métallique à mesure que les poils des brosses viennent à s'user. A cet effet, le manteau de travail est fendu suivant une génératrice et les deux bords se recouvrent ; on peut augmenter ou diminuer ce recouvrement et on maintient la tôle en place au moyen d'écrous à oreilles.

Les *brosses coniques* sont analogues aux précédentes ; la forme seule diffère, le tambour cylindrique étant remplacé par un tambour en tronc de cône ; le manteau épouse naturellement la forme de la brosse. Ces appareils peuvent être montés de deux façons, selon que la grande base du tronc de cône, ou la petite est tournée vers la partie supérieure. Cette seconde disposition est la meilleure ; le blé retombe sans cesse sur la brosse, tandis que, avec la disposition inverse, il peut glisser le long du manteau, et échapper complètement à l'action de l'appareil. Dans ce système de brosses, le réglage se fait en faisant monter ou descendre l'arbre qui porte le tronc de cône mobile, ce qui rapproche ou éloigne les brosses de la tôle perforée.

Les *brosses verticales à plateaux* se répandent beaucoup dans les moulins : le travail se fait entre deux brosses, l'une fixe, l'autre mobile, et on obtient un polissage parfait des grains, sans qu'ils puissent être brisés. La disposition géné-

rale de l'appareil rappelle celle du nettoyeur « Hignette ». Nous trouvons ici des plateaux creusés en cône (fig. 41) alternativement fixes et mobiles : les plateaux fixes portant des brosses à leur face inférieure, les plateaux mobiles en portent au

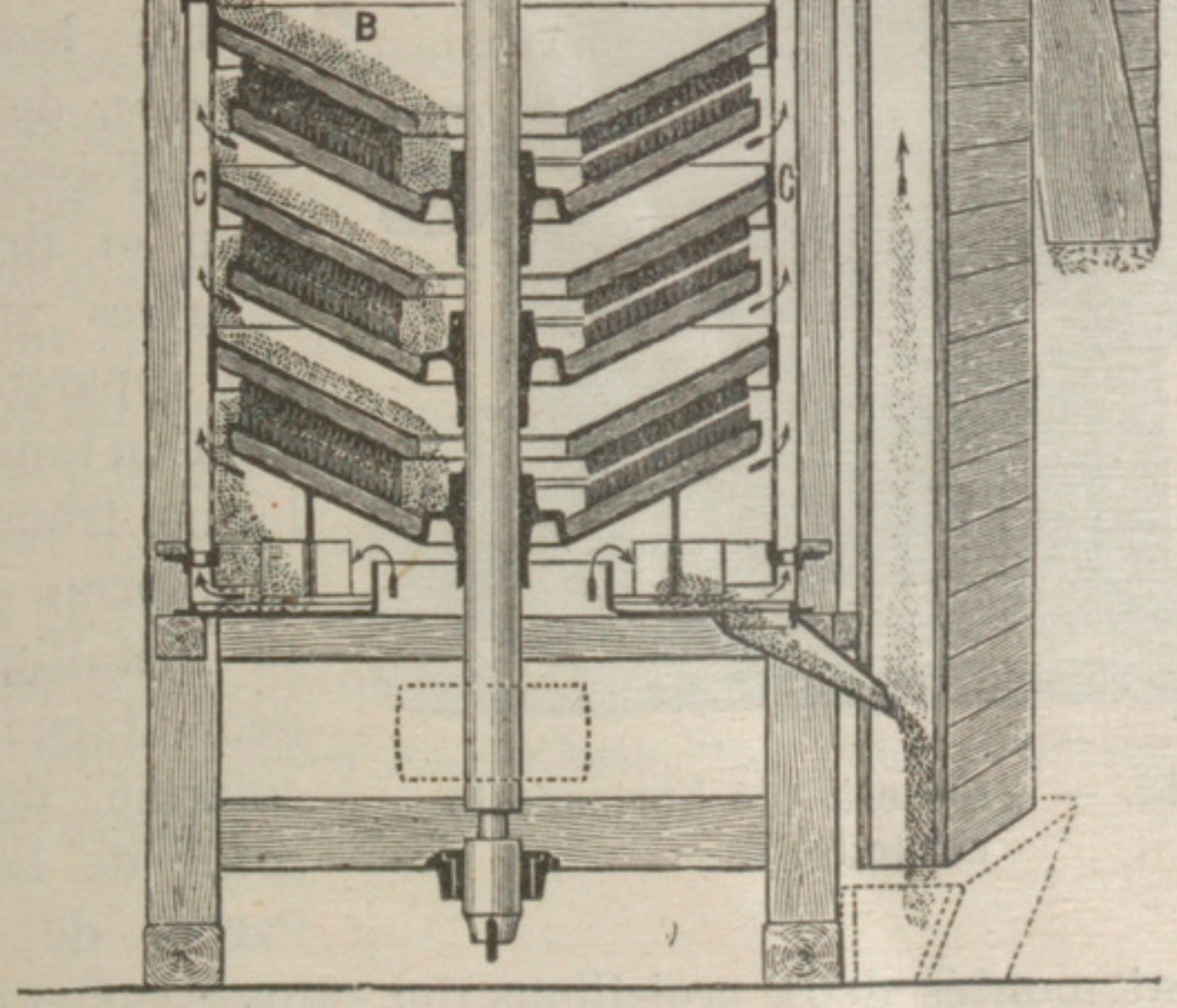


Fig. 41. — Brosse à blé verticale avec plateaux coniques.

contraire à leur face supérieure. Tous les plateaux mobiles sont montés sur un même arbre, qui tourne en faisant 450 à 500 tours par minute. La brosse est composée de deux ou trois paires de plateaux, entre lesquels le blé passe successivement, de la partie supérieure à la partie inférieure, allant du

centre vers la périphérie lorsqu'il passe entre les brosses, et de la périphérie vers le centre lorsqu'il passe d'un élément à l'élément immédiatement inférieur. Un ventilateur, placé à la partie supérieure de la machine, fait circuler un courant d'air à travers l'appareil et ventile, en outre, le blé qui vient d'être brossé.

Les *brosses horizontales* se rapprochent des colonnes épointeuses à axe horizontal ; elles tournent moins vite que les brosses verticales : elles font seulement 250 tours par minute. On distingue les machines à brosses séparées et les machines à brosses à vis.

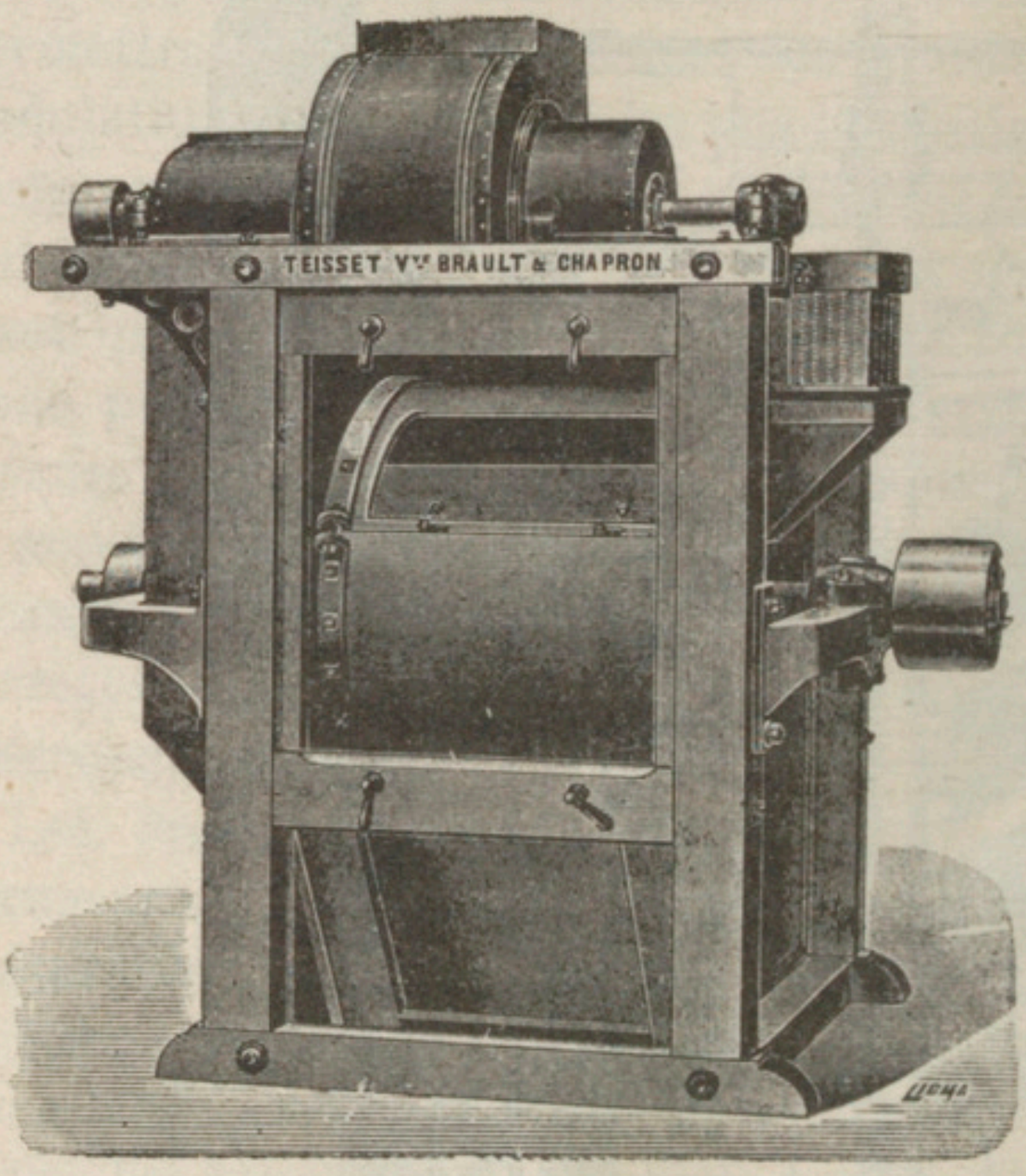


Fig. 42. — Brosse à blé horizontale « Peleuse ».

Parmi les premières, citons la brosse à blé horizontale *Peleuse*, de la maison Teisset, Chapron et Brault, de Chartres (fig. 42). Cet appareil est formé d'un tambour de forme tronconique, fixe, formé d'un tissu métallique, de démontage facile, et enfermé dans un coffre de bois. Sur l'arbre de la machine sont montés deux croisillons qui supportent les brosses ; ces dernières sont mobiles autour de deux tourillons ; elles se mettent en place et travaillent sous l'action de la force centrifuge, développée par la rotation de l'appareil.

La *brosse-vis* est constituée par un tambour de bois de 25 à 35 millimètres de diamètre et de $1^m,50$ à $2^m,50$ de long, qui constitue un arbre sur lequel sont fixés à la poix des paquets de brosse en spirale, de manière à constituer la vis-

brosse; cette dernière en tournant (200 à 150 tours) fera avancer le blé d'une extrémité à l'autre d'une auge hémicylindrique, dans laquelle tourne le tambour. Le fond de cette auge, seule partie sur laquelle la brosse travaille, est en tôle perforée ; la vitesse d'écoulement du blé ne doit pas être trop considérable, pour que le brossage soit suffisant : on donnera donc à la brosse un pas assez petit, et on lui fera faire un nombre de tours restreint. On dispose des brosses longitudinales, ou des planchettes, ou des palettes, pour ramener sous la vis le blé qui tend sans cesse à s'accumuler dans le fond de l'auge, d'un seul côté, celui où la brosse le repousse, selon son sens de rotation.

MACHINES DE NETTOYAGE COMBINÉES

Tous les engins de nettoyage que nous venons de passer en revue ne se trouvent que dans les grandes minoteries ; pour les installations de moindre importance, les constructeurs ont imaginé de placer sur un même bâti tous les appareils indispensables pour obtenir un blé suffisamment propre ; de sorte que ce service du moulin n'occupe plus qu'un espace aussi restreint que possible. C'est ainsi que, à titre d'exemple, la maison Teisset, Chapon et Brault offre une combinaison pouvant travailler de 250 à 1 500 kilogrammes à l'heure et comprenant : un émotteur-cribleur, un aspirateur, un trieur à graines rondes, un trieur pour repasser les déchets, une colonne-brosse à aspirateur, un appareil magnétique.

MOUILLAGE DES BLÉS AVANT MOUTURE

Il arrive souvent qu'il soit nécessaire de faire absorber au blé trop sec une certaine quantité d'eau, avant de le soumettre à l'action des appareils de mouture. Les blés secs ont, en effet, une écorce cassante, qui se pulvériserait sous la meule, ou entre les cylindres, et qui se mélangerait à la farine ; une humectation légère rendra, au contraire, cette écorce plus élastique. En outre,

BIBLIOTHÈQUE NATIONALE R.F.

l'écrasement du grain, pour le transformer en farine, dégagera de la chaleur, surtout si l'on opère au moyen des meules, et, si le blé est un peu humide, l'eau s'évaporera sans que la température de la farine s'élève trop. Le mouilleur le plus répandu dans les moulins français est le mouilleur de Rose. Cet appareil permet de répandre sur le blé la proportion d'eau que l'on veut, et de répandre cette quantité d'eau toujours proportionnellement au poids du blé à traiter.

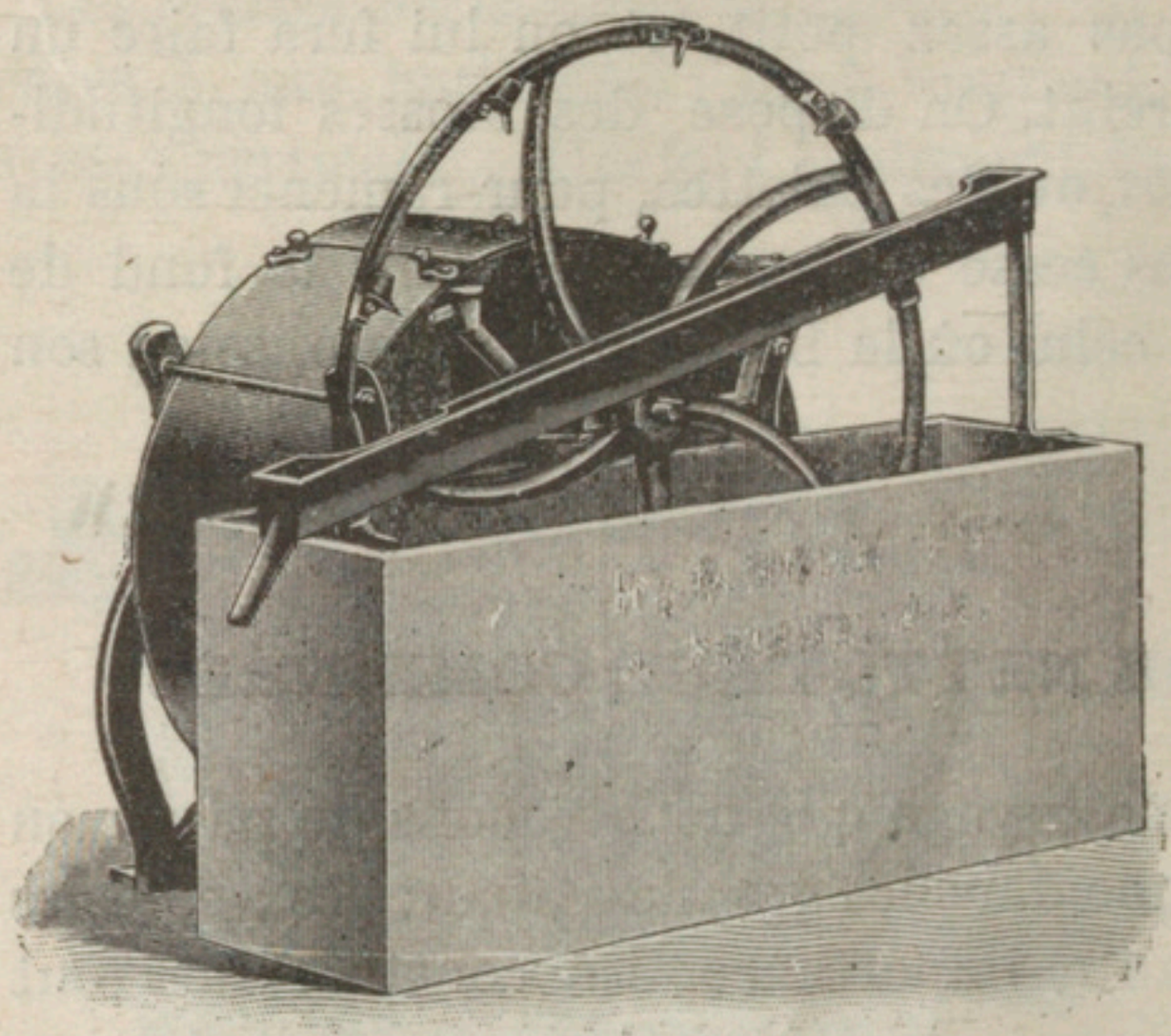


Fig. 43. — Mouilleur automatique.

Le mouilleur de Rose (fig. 43) se compose d'une roue à augets, de $0^m,80$ de diamètre, enfermée dans une enveloppe de tôle : cette roue tourne autour d'un axe horizontal, sans être aucunement commandée ; elle est mise en mouvement simplement par le blé à mouiller lui-même, qu'on déverse au point le plus haut de la roue et que l'on recueille au point plus bas, dans une vis d'Archimède, alimentant les appareils de mouture. Sur le même arbre que la roue à augets, est montée une seconde roue, dont la périphérie porte un certain nombre de petits godets ; la roue à augets entraîne donc dans son mouvement cette seconde roue, en lui imprimant la même vitesse que le blé en s'écoulant lui imprime à elle-même. La roue à godets tourne en plongeant dans une auge, remplie d'eau à un niveau constant, grâce à un trop-plein. Les godets, en passant dans cette auge, se remplissent d'eau et s'élèvent ensuite jusqu'à ce que leur inclinaison soit suffisante pour que l'eau s'écoule. On la recueille alors dans une petite gouttière, convenablement

disposée, et qui aboutit à la vis transportant le blé. On voit donc que la quantité d'eau sera toujours proportionnelle au poids du blé qui entre dans le mouilleur, puisque c'est le blé lui-même qui règle le régime de l'appareil, et, en outre, en faisant varier le nombre ou l'inclinaison des godets qui puisent l'eau dans l'auge, on pourra réaliser un mouillage plus ou moins énergique. Les appareils de la maison Rose permettent de faire varier le mouillage depuis 0,5 jusqu'à 15 p. 100.

NETTOYAGE EN PRÉSENCE DE L'EAU

Le traitement des blés par l'eau s'applique surtout aux blés durs ; on peut également traiter les blés tendres de cette manière ; le nettoyage se fait parfaitement, mais il faut ensuite sécher les grains, qui seraient trop humides pour subir le broyage, et cette dessiccation entraîne souvent à une dépense exagérée. Le même inconvénient ne se reproduit pas pour les blés durs qui doivent être toujours fortement humectés avant d'entrer en travail. Le nettoyage par l'eau présente de sérieux avantages ; par simple immersion dans le liquide, on peut enlever tous les corps les plus légers qui flottent à la surface ; on sépare également les produits lourds qui tombent au fond des récipients ; le blé, étant à peine plus lourd que l'eau, peut rester pour ainsi dire en suspension et être facilement entraîné par la force du courant. Le lavage du blé enlève toutes les poussières, plus aisément que ne peuvent le faire les machines à râpe ou à batteurs, et d'une manière beaucoup plus propre, sans rien répandre dans l'atmosphère. Pendant le trempage, l'épiderme du grain perd sa cohésion, et les poils avec lui, de sorte qu'un brossage énergique suffit ensuite pour enlever le tout. En résumé, le nettoyage du blé avec lavage à l'eau se fera complètement au moyen des appareils suivants : tarare, trieur, laveuse, essoreuse pour enlever l'excès de l'eau, sécheuse même s'il y a lieu, et enfin brosse. Nous avons seulement à nous occuper de la laveuse ou épierreur, de l'essoreuse et de la sécheuse, les autres machines nous étant déjà connues.

Laveuse. — Les premiers cuviers laveurs-épierreurs ont été inventés, en 1858, par Cardailhac, qui avait seulement en vue le travail des blés durs. Le blé est agité dans une cuve où arrive continûment un courant d'eau : les particules légères, qui remontent à la surface, sont entraînées en même temps que le trop-plein de l'eau ; les parties les plus lourdes, blé et

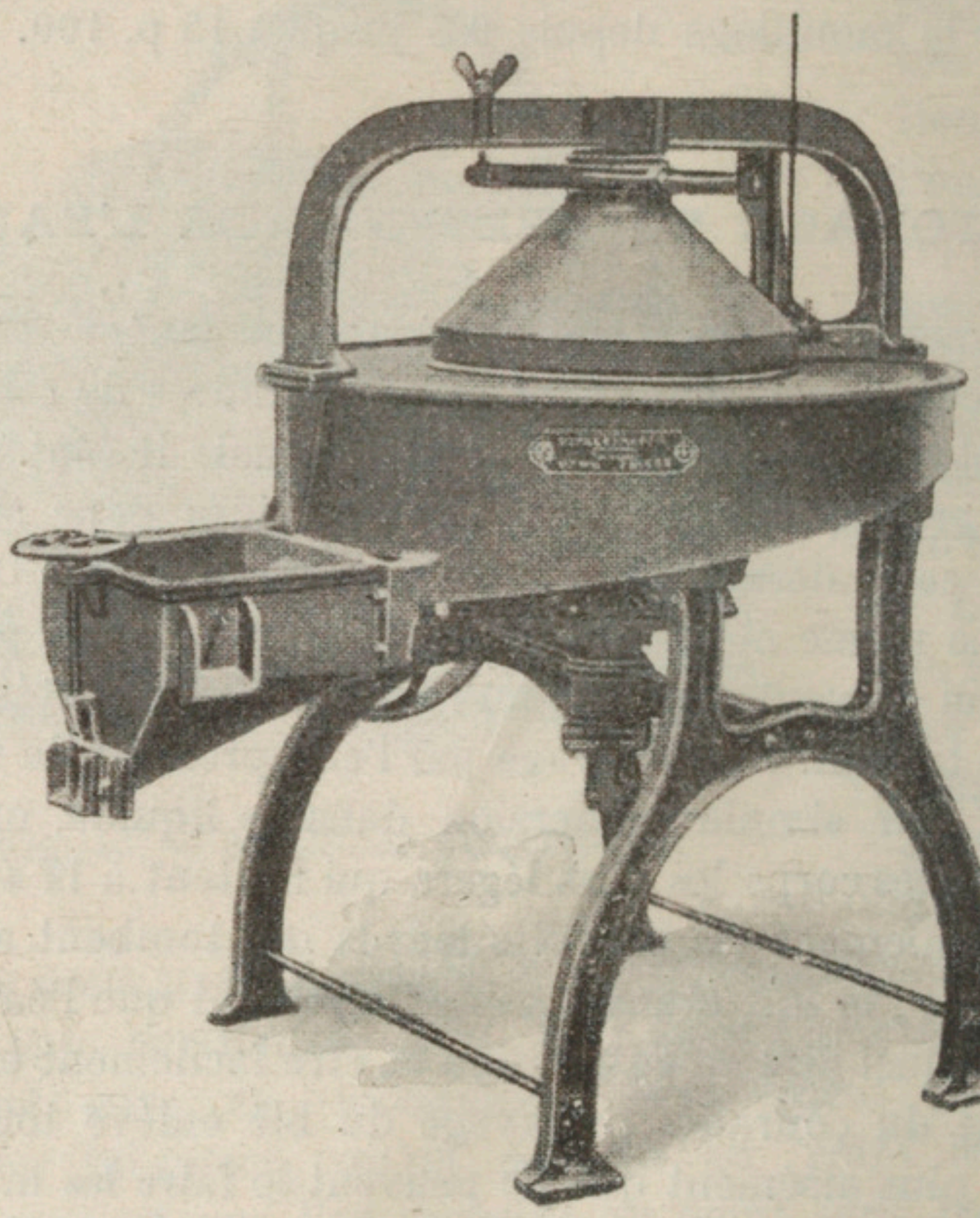


Fig. 44. — Cuvier laveur-épierreur.

pierres, sortent par le fond de la cuve : le mélange est alors déversé dans un couloir incliné, dans le fond duquel sont disposés des obstacles en forme de lames de persienne ; les obstacles arrêtent les pierres lourdes, tandis que les grains de blé, légers, entraînés par le courant d'eau, passent par-dessus. Ces appareils furent perfectionnés successivement par Demaux, puis par Boutet, qui se sont préoccupés d'établir un appareil où le blé, soumis peu de temps à l'action du liquide, ne pût pas se charger d'une proportion d'eau trop considérable. Ce genre

d'appareils est le meilleur pour le traitement des blés tendres.

L'appareil (fig. 44, 45, 46) se compose d'un plateau circulaire, monté à sa partie inférieure sur un arbre vertical creux : cet arbre, commandé au moyen d'un engrenage, tourne avec une vitesse de 16 tours par minute. Le plateau, en sa partie centrale, est creusé d'une petite cuvette circulaire, dans laquelle on fait arriver l'eau, par la partie inférieure, au moyen de l'arbre

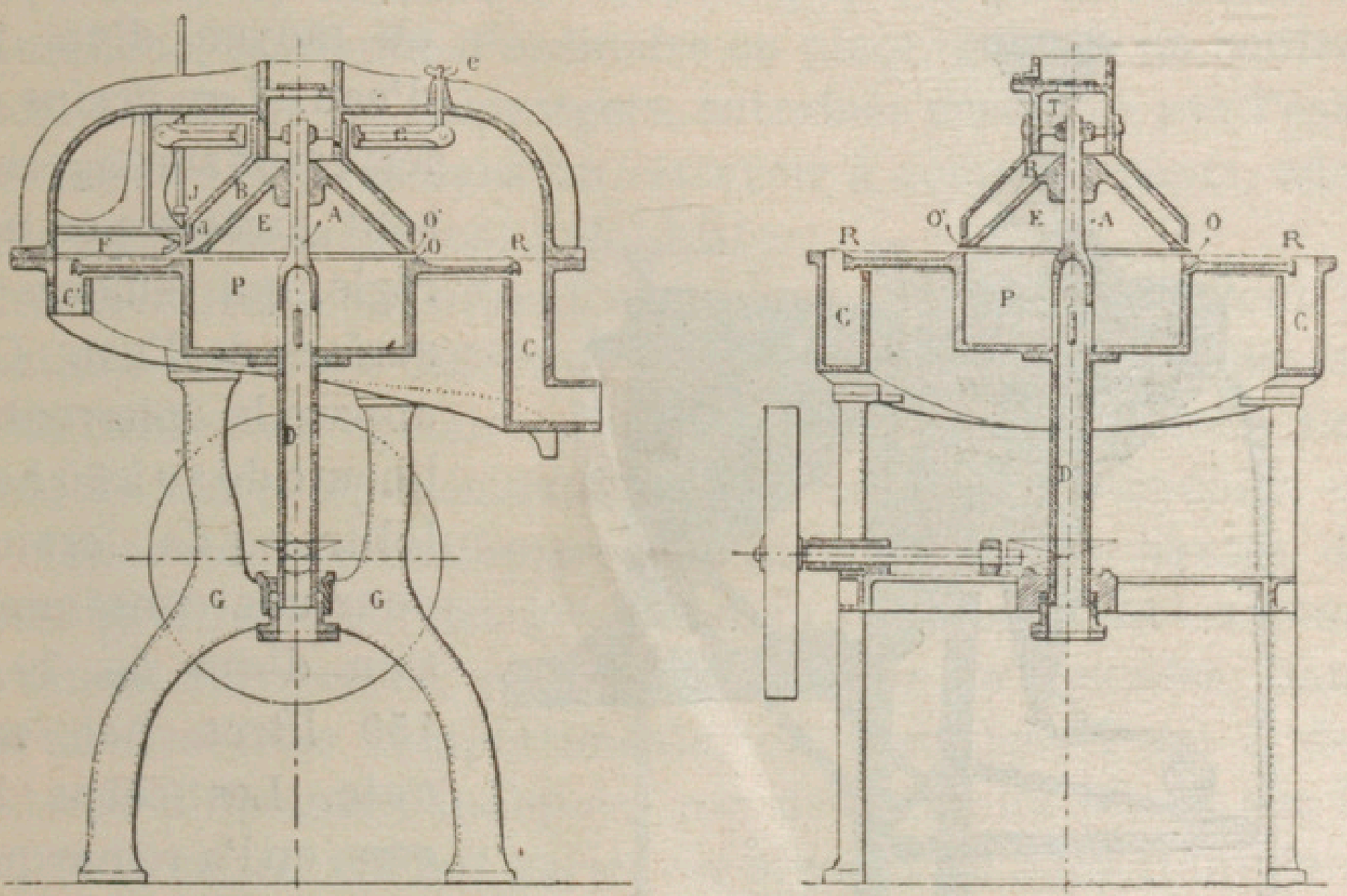


Fig. 45 et 46. — A, Arbre ; D, Arrivée de l'eau ; P, Cuvette ; O, Orifice de sortie de l'eau ; R, Rebord-déversoir ; T, Arrivée du blé ; E, Cône cannelé ; B, Chapeau mobile ; O', Orifice d'arrivée du blé ; C, Canal d'écoulement.

creux lui-même. La cuvette contenant l'eau est recouverte par un couvercle de tôle cannelée, en forme de cône, qui vient se terminer à une faible distance du plateau circulaire ; on détermine ainsi une ouverture circulaire, par laquelle l'eau jaillit avec une certaine pression. Le blé qu'il s'agit d'épierrer coule sur la face supérieure du cône cannelé, qui sert donc en même temps de distributeur. Pour régler le débit du blé, on coiffe le distributeur conique d'un chapeau, ayant également la forme d'un cône ; en élevant ou en abaissant ce chapeau, on augmente ou on diminue l'épaisseur de la couche de grains qui arrive, sur le plateau circulaire, se soumettre à l'action du courant d'eau.

Tout le pourtour du plateau est muni d'un petit rebord, servant de déversoir, par-dessus lequel s'écoulent à la fois l'eau et le blé entraîné. Les pierres, au contraire, se déposent sur le plateau, dont la surface est rugueuse pour augmenter l'adhérence des corps lourds placés à sa surface. Les pierres tournent donc avec le plateau ; elles viennent, à un moment donné, buter contre une raclette, convenablement disposée, et on les expulse dans un canal spécial au moyen d'un jet d'eau. Les grains et les corps surnageants sont arrêtés par une règle, qui effleure la surface de l'eau. Ces appareils épierrent à l'heure de 10 à 30 hectolitres de grains, pour une consommation d'eau de 70 à 150 litres par minute. Les corps légers, on l'a remarqué, ne sont pas éliminés : au sortir du cuvier, le blé est alors déversé dans une petite chambre, séparée en deux compartiments par une planchette inclinée qui ne touche pas le fond de la chambre. Le blé, le plus lourd, tombe dans le fond et passe par-dessous la planchette, tandis que les débris les plus légers, sont entraînés avec l'eau par-dessus l'obstacle et sortent par un trop-plein.

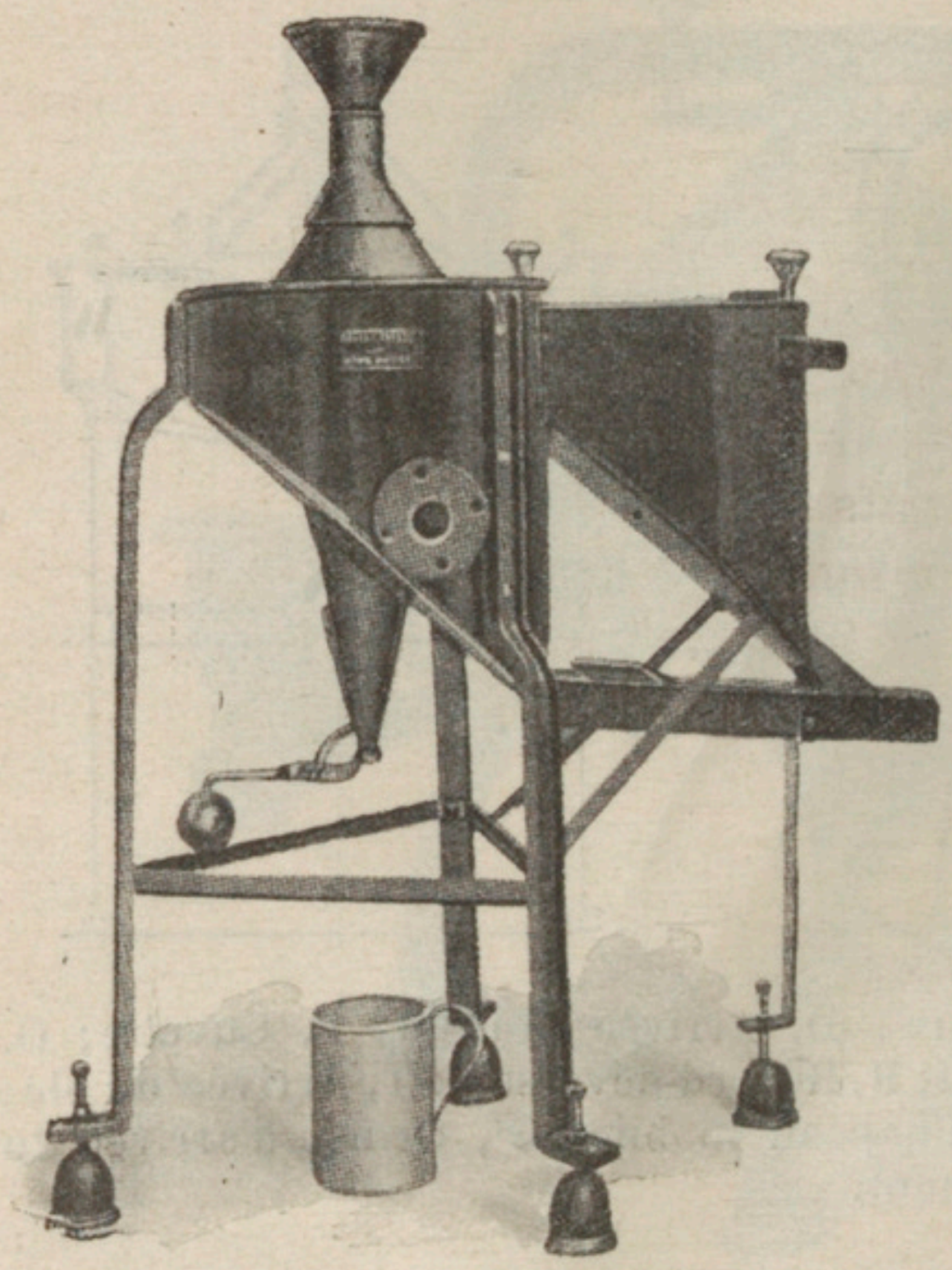


Fig. 47. — Cuvier épierreur.

Dans un autre genre d'appareils (fig. 47), toute force motrice devient inutile : le blé à nettoyer arrive encore comme précédemment en glissant entre deux cônes à écartement variable. Le cône de distribution est placé à la partie supérieure d'un autre

cône, disposé en sens inverse, et dans lequel arrive l'eau. La fente annulaire, qui reste libre entre les bases des deux cônes, convenablement rétrécie encore au moyen d'un anneau métallique, sert pour l'écoulement de l'eau. La vitesse de l'eau est suffisante pour entraîner le blé par-dessus l'espace annulaire, pendant que les pierres, tombant au contraire par ce même espace, se réunissent dans le fond du cône inférieur ; on les évacue de temps à autre, en ouvrant une soupape, à joint étanche de caoutchouc, maitenue d'ordinaire en place, grâce à un contrepoids. Le blé et les corps légers, entraînés ensemble par l'eau, sont ensuite séparés dans un réservoir à compartiments, analogue à celui de la laveuse précédente.

Nos constructeurs offrent encore un autre modèle, dont le fonctionnement est différent. La laveuse (fig. 48) se compose d'une caisse rectangulaire, divisée en trois compartiments. Les fonds de ces compartiments sont terminés en entonnoirs, et les cloisons de séparation sont de moins en moins hautes, de façon qu'il se forme des gradins d'un compartiment au compartiment suivant, et, par suite, une série de cascades. Dans chacun des trois compartiments, on maintient l'eau à des hauteurs différentes, indiquées par des niveaux placés sur le côté de la caisse. On fait varier ces niveaux en admettant dans les compartiments une quantité d'eau plus ou moins grande, au moyen d'une vanne, commandée par un volant. Le blé arrive dans l'appareil du côté du compartiment le plus élevé et par la partie supérieure ; l'eau également, mais par la partie inférieure. Les corps lourds tombent dans les entonnoirs qui terminent les compartiments ; on les évacue de temps à autre. A la suite des compartiments à cascades, il s'en trouve un dernier, plus ample que les précédents et dont le fond en pente conduit l'eau et le blé vers la sortie.

Signalons encore la machine à laver et épierrer du système Bühler. Le blé est amené par une vis d'Archimède, tournant dans une enveloppe pleine d'eau ; il est envoyé dans un distributeur, et déversé sur une tôle perforée, placée à la partie supérieure d'un bac rempli d'eau courante. La tôle est fixe, mais l'eau est animée d'oscillations dans le sens vertical, au moyen d'un vagueur, sorte de grand piston horizontal, monté

sur une tige verticale animée d'un mouvement de va-et-vient : de cette façon, le blé se trouve, à chaque oscillation, légèrement soulevé ; il peut être entraîné par le courant d'eau et chemine ainsi à la surface de la tôle perforée. A la suite de cet appareil se trouve l'épierreur, constitué par un compartiment rempli de grosses pierres. Le courant d'eau et de blé passe par-dessus ce compartiment ; les pierres encore mélangées au grain se déposent, cheminent dans les interstices laissées entre les grosses pierres et se rassemblent dans le fond de l'appareil. Le blé est encore remonté dans une nouvelle vis d'Archimède inclinée,

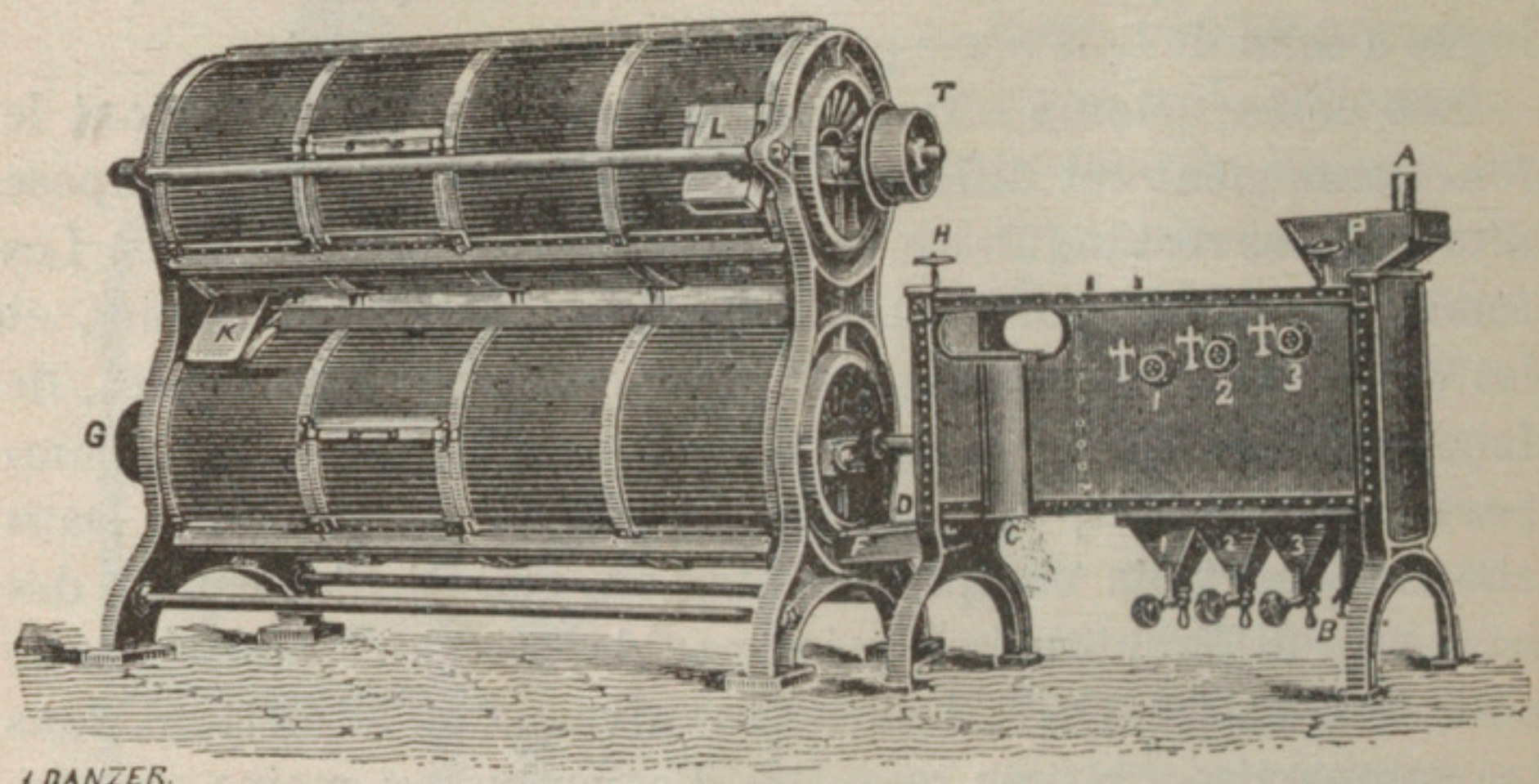


Fig. 48 — Machine horizontale à laver et à sécher les blés.

tout le long de laquelle un tuyau perforé fait jaillir une pluie d'eau qui rince les grains.

Essoreuse. — Le blé qui sort de la laveuse emporte à sa surface une quantité d'eau qu'il est nécessaire d'enlever aussi rapidement que possible, avant que le grain n'ait eu le temps d'être pénétré. On a recours, dans ce but, à des essoreuses qui soumettent le blé mouillé à l'action de la force centrifuge : on communique au blé et à l'eau une certaine vitesse, puis on arrête brusquement le blé dans sa course, contre un obstacle ajouré : l'eau continue son chemin et passe à travers les mailles de l'obstacle. Le fonctionnement de cet appareil est donc analogue à celui d'une colonne épointeuse, l'eau remplaçant les poussières. Les essoreuses employées pour l'égout-

tage du blé lavé sont, ou bien horizontales, ou bien verticales.

L'essoreuse horizontale (fig. 48) est formée par un cylindre horizontal de tôle, percé à la façon d'un crible, et enveloppé lui-même dans un deuxième cylindre de tôle pleine, destiné à recueillir l'eau qui se séparera des grains. Suivant l'axe du cylindre se trouve disposé un arbre sur lequel sont montés des batteurs en acier ou en fer, ayant la forme d'une hélice à grands pas ; cette forme est nécessaire pour faire avancer la marchandise d'une extrémité de l'appareil à l'autre ; les batteurs tournent avec une vitesse de 450 tours à la minute, et passent à une distance de 20 à 30 millimètres de la tôle perforée. Le blé qui pénètre dans la machine est aussitôt saisi par les batteurs, projeté contre le manteau perforé, rebondit contre les batteurs qui le projettent à nouveau, tout en le faisant avancer ; enfin, après plusieurs chocs, le blé sort de la machine, tandis que l'eau s'écoule par une tubulure convenablement disposée. A

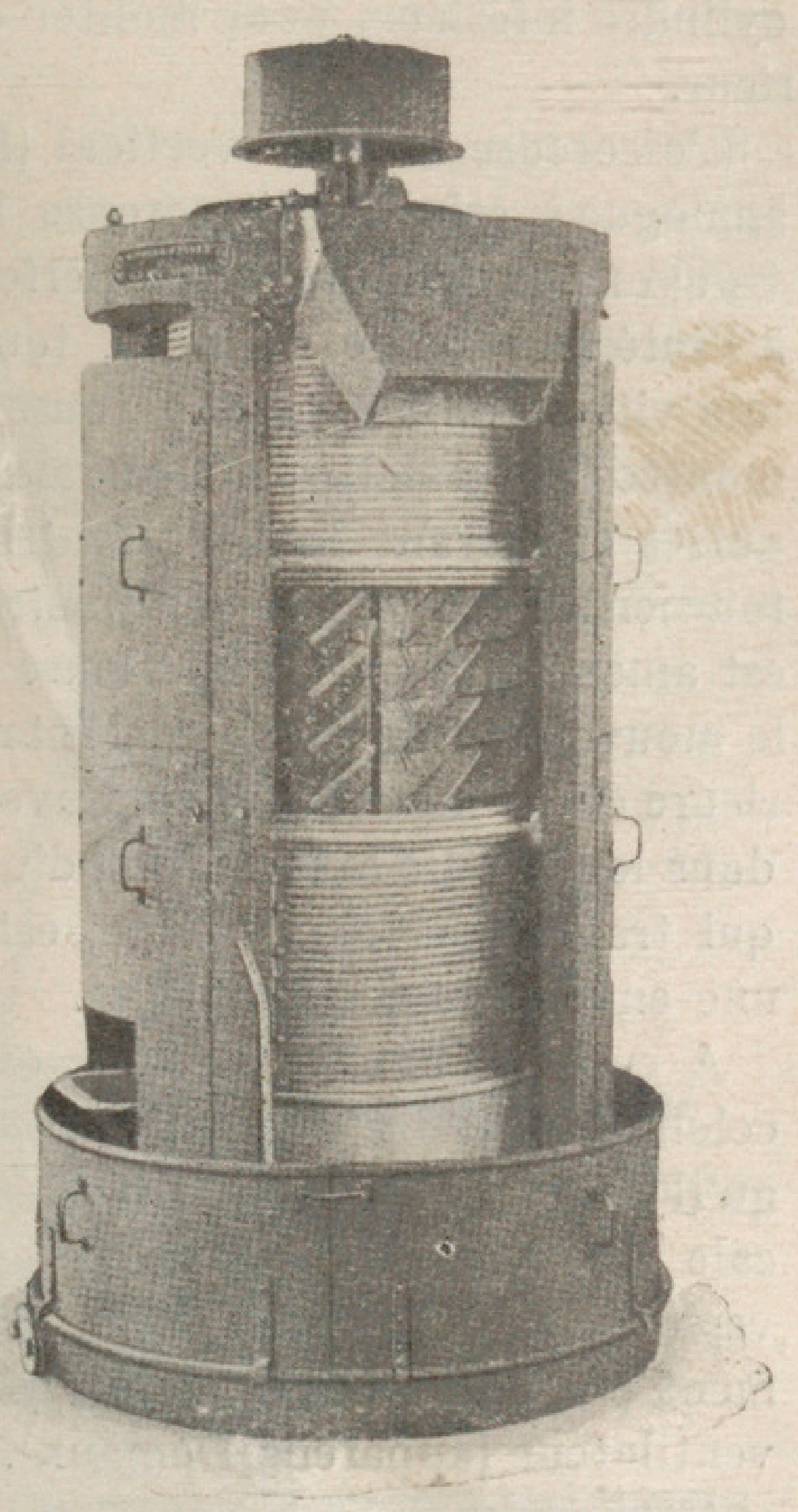


Fig. 49. — Colonne laveuse.

chacune des extrémités du tambour se trouve un ventilateur, muni d'ailettes hélicoïdales. Le ventilateur d'entrée est disposé pour aspirer l'air extérieur dans l'appareil, tandis que le ventilateur de sortie aspire l'air dans l'essoreuse, pour le refouler au dehors ; on développe de cette façon un violent

courant d'air, qui circule dans le même sens que le blé et qui favorise beaucoup son séchage. Pour les laveuses à petit débit travaillant par heure de 600 à 2 000 kilogrammes de blé, un seul cylindre essoreur peut suffire ; mais, pour les débits plus importants, allant jusqu'à 3 000 kilogrammes, il faut deux appareils sécheurs : on les place alors sur le même bâti, l'un au-dessus de l'autre ; le blé mouillé pénètre d'abord dans le cylindre inférieur, pour monter ensuite dans le cylindre supérieur.

L'essoreuse à arbre vertical (fig. 49) a un fonctionnement analogue à celui de l'essoreuse horizontale. Ici encore nous trouvons un cylindre de tôle perforée, mais placé verticalement ; à l'intérieur de ce cylindre, tourne un second cylindre, avec une vitesse de 500 à 550 tours par minute, sur lequel sont montées des palettes hélicoïdales, parallèlement les unes aux autres et suivant huit génératrices du cylindre. Ces palettes tournent à environ 5 millimètres de la tôle perforée. Le blé est amené à la partie inférieure de l'appareil, et, entraîné par le mouvement de rotation, il est remonté jusqu'à la partie supérieure de la machine. Le mouvement des palettes détermine dans le cylindre la formation d'un violent courant d'air. L'eau, qui traverse la tôle perforée, est, bien entendu, récoltée dans une enveloppe de tôle pleine.

A cette colonne essoreuse, on ajoute parfois une seconde colonne, pour obtenir un essorage plus parfait, surtout lorsqu'il s'agit de travailler des blés tendres. Cette colonne verticale est constituée comme la première, mais le grain la traverse de haut en bas, et les batteurs sont constitués simplement par de grandes palettes plates, semblables à celles d'un ventilateur (appareils Demaux).

Sécheuse. — Le blé qui a été essoré retient encore de l'eau, dans une proportion qui ne gêne en rien le travail de la mouture, lorsqu'il s'agit de blé dur, mais qui est encore trop considérable lorsqu'il s'agit de blé tendre. Le blé, au lavage, même dans un temps très court de contact absorbe environ 8 p. 100 d'eau que l'essorage est impuissant à éliminer. Il faut donc, dans le cas du blé tendre, avoir recours au séchage artificiel.

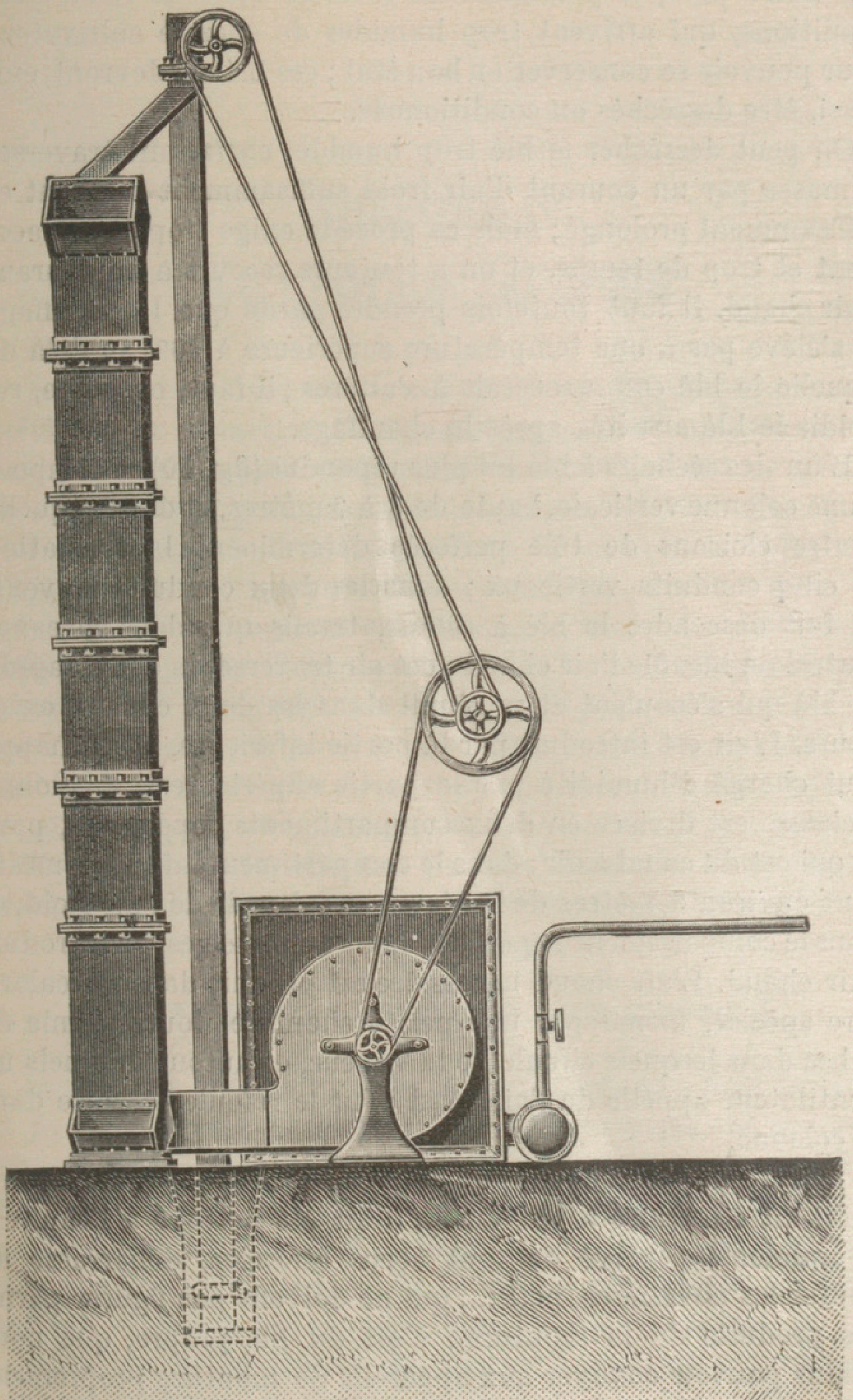


Fig. 50. — Appareil sécheur-conditionneur.

D'autre part, il y a des blés récoltés dans de mauvaises conditions, qui arrivent trop humides de chez le cultivateur pour pouvoir se conserver en bon état ; ces blés-là devront, eux aussi, être desséchés ou conditionnés.

On peut dessécher le blé trop humide, en faisant traverser la masse par un courant d'air froid suffisamment puissant et suffisamment prolongé ; mais ce procédé exige trop d'emplacement et trop de temps, et on a toujours recours à un courant d'air chaud. Il faut toutefois prendre garde que le chauffage ne s'élève pas à une température supérieure à 60°, au delà de laquelle le blé commencerait à s'altérer ; il faut, en outre, refroidir le blé aussitôt après le chauffage.

L'un des séchoirs à blé les plus répandus (fig. 50) se compose d'une colonne verticale, haute de 8 à 9 mètres, et dans laquelle quatre cloisons de tôle perforée déterminent la formation de cinq conduits verticaux ; dans les deux conduits moyens, on fait descendre le blé à sécher, tandis que dans le cana central on insuffle l'air chaud ; cet air traverse les deux nappes de blé qui s'écoulent et se réunit dans les deux canaux extérieurs. L'air est introduit par la partie inférieure, et s'échappe tout chargé d'humidité par la partie supérieure. La colonne sécheuse est divisée en deux compartiments superposés, pour ce qui est du canal à air : dans le compartiment inférieur, mesurant environ 3 mètres de hauteur, on fait agir de l'air froid, et dans le compartiment supérieur, haut de 6 mètres, on introduit l'air chaud. L'air chaud nécessaire est produit dans un calorifère spécial, formé par une petite chambre, toute garnie de tubes dans lesquels circule de la vapeur, et autour desquels un ventilateur appelle de l'air froid pour le refouler ensuite dans la colonne.

Le blé, en présence duquel nous nous trouvons maintenant, qu'il ait été traité à sec, ou qu'il ait été nettoyé à l'eau, est complètement privé de tout corps étranger, débarrassé de toutes les poussières, poils..., qui ne doivent pas figurer parmi les produits de la mouture ; c'est du blé propre, que nous allons pouvoir envoyer aux appareils de mouture proprement dits.

CHAPITRE IV

LE BROYAGE DU GRAIN

Nous arrivons ici au travail fondamental de la mouture, celui qui va permettre de dégager l'amande farineuse nourrissante des enveloppes inassimilables. Ce résultat sera obtenu en soumettant le grain, maintenant propre, à l'action d'un appareil de broyage : l'enveloppe, dont la nature est plastique s'aplatira, en se fragmentant très peu, tandis que l'amande, qui est au contraire fragile et cassante, sera brisée et réduite en un mélange de parties fines, constituant la farine, et de débris plus grossiers qui formeront les semoules et les gruaux. Nous devons donc concevoir pour mener à bien le restant de notre travail deux grandes séries de machines : d'une part, des broyeurs, et, d'autre part, des tamis, qui nous serviront à classer les différents produits obtenus par la mouture. Nous consacrerons ce chapitre à l'examen des engins de broyage.

HISTORIQUE DU BROYAGE DU BLÉ

Depuis que le monde existe et que les hommes font du pain, et par conséquent de la farine, les appareils qui ont successivement servi à broyer les grains ont été profondément modifiés. Au début (1), ce broyage se faisait simplement entre deux pierres, l'une plate servant de support, l'autre arrondie en rouleau que l'on promenait sur la première. Ces engins primitifs ont été retrouvés notamment dans les stations lacustres.

On a trouvé également des pierres fortement creusées, en forme de cuvette, en Savoie, en Écosse....

(1) Lindet, Les origines du moulin à meules.

Ce mode de mouture fut également employé par les Égptiens et par les Grecs ; il l'est encore aujourd'hui chez les peuples de civilisation arriérée : les tribus indiennes du Nouveau-Mexique, les populations des sources du Nil, du Zambèze, de l'Islande, de l'Amérique centrale, etc. Puis, l'homme, devenant de plus en plus inventif, imagina des moulins formés de deux pierres, de deux meules, dont l'une restait fixe, pendant que l'autre était animée, au-dessus de la précédente, d'un mouvement de rotation. L'origine de ce moulin, le véritable ancêtre du moulin moderne à meules, est mal connue ; on trouve bien des allusions à des meules dans les anciens auteurs grecs et latins ; mais les premières meules dont on puisse parler avec certitude, sont les meules romaines retrouvées encore en place dans les ruines de Pompéï, et enfouies depuis l'an 79 après J.-C. Le moulin romain (fig. 51) se composait d'une meule fixe, taillée en forme de cône, et portant le nom de *meta* ; cette meule fixe était coiffée de la meule mobile, appelée *catillus*, ayant la forme de deux troncs de cône, accolés par leur petite base : l'entonnoir inférieur s'engageait sur la *meta*, l'entonnoir supérieur servait de trémie d'alimentation. La dimension de cet engin pouvait varier en hauteur, d'après les échantillons retrouvés à Pompéi, de $0^{m},50$ jusqu'à plus de 1 mètre. Le *catillus* portait extérieurement deux excavations, dans lesquels s'engageaient les pièces de bois servant à mettre en mouvement la meule mobile. Cette dernière, du reste, ne reposait pas de tout son poids sur la *meta* ; elle était suspendue en équilibre sur un arbre métallique, tournant dans une sorte de crapaudine creusée à la pointe de la *meta*. Enfin la *meta* pouvait être creusée de sillons, inclinés dans le sens même de la rotation du *catillus* et qui servaient à diriger les produits moulus. Tout ce système était mu, soit à bras d'homme, soit au moyen d'un attelage de chevaux ou d'ânes.

Puis, la forme du moulin se modifiant, sa hauteur diminue; les parties travaillantes ont une forme conique beaucoup moins accusée, l'entonnoir supérieur du *catillus* disparaît, il est remplacé par une simple ouverture, pratiquée à la face supérieure de la meule. Celle-ci porte, en outre, deux oreilles largement saillantes, et percées d'un trou pour l'emplacement des leviers

de commande. L'ensemble devient beaucoup plus maniable. De telles meules ont été retrouvées en France : à Chambéry et à Marseille.

La disposition précédente est en quelque sorte transitoire ; elle nous amène directement à la meule gallo-romaine, qui a été retrouvée en abondance dans notre pays. La meule inférieure,

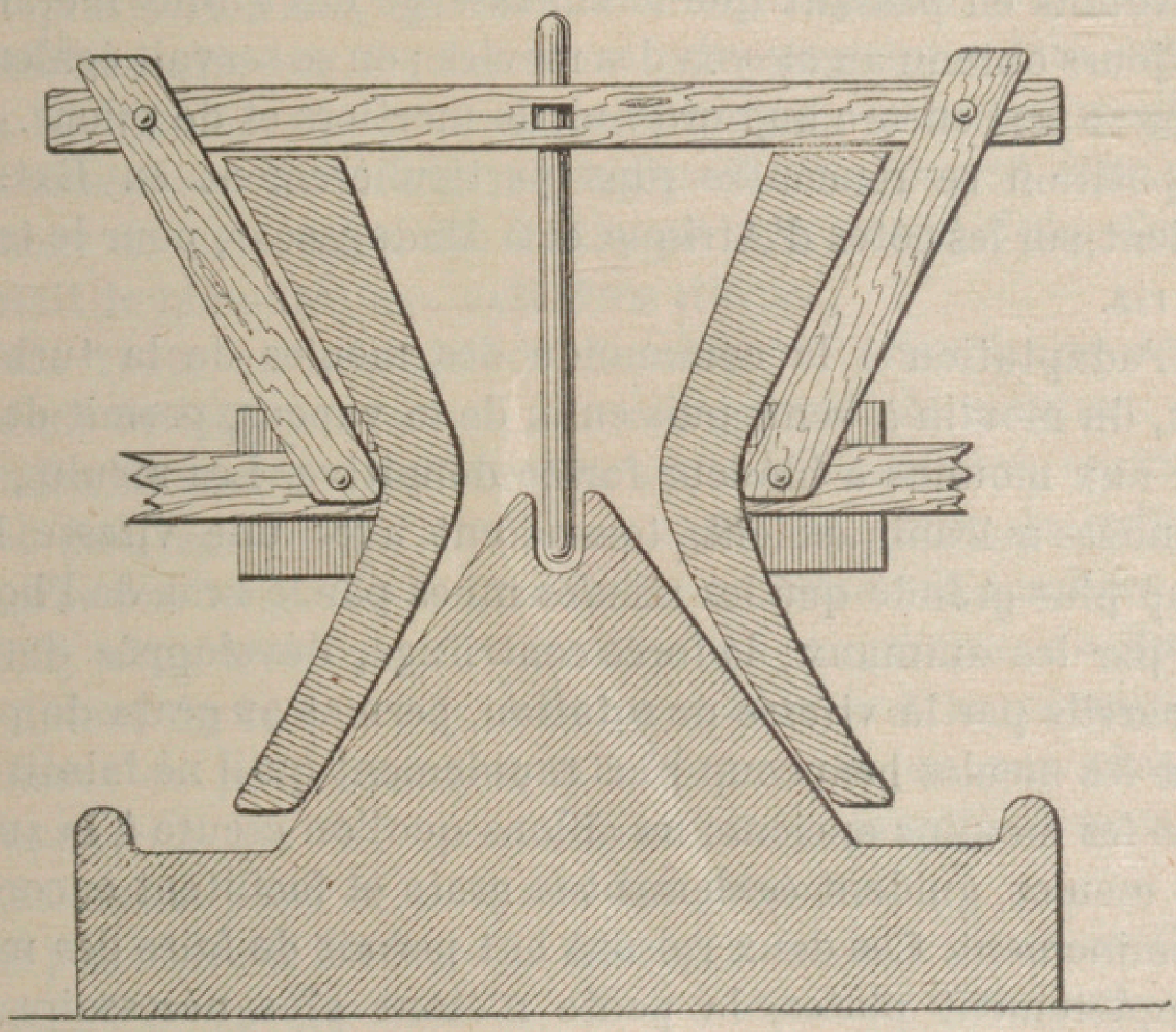


Fig. 51. — Coupe théorique d'un moulin romain.

fixe, a la forme d'un cône très surbaissé ; la meule supérieure porte un trou central pour l'arrivée du grain, et une petite cavité sur l'un des côtés ; dans cette cavité s'engageait l'extrémité d'une tige verticale qui servait à faire mouvoir la meule, à la main ; certaines de ces meules ne mesurent, en effet, que $0^m,40$ à $0^m,50$ de diamètre. D'autres, de dimensions plus fortes, étaient commandées mécaniquement. Le plus souvent, les surfaces travaillantes des meules étaient lisses ; parfois elles portaient des aspérités disposées en cercles, et d'autant plus fines qu'on se rapprochait de la périphérie. Enfin quelques échantillons de meules gallo-romaines du musée de Saint-Germain offrent un système de rayonnage, oblique aux

rayons de la meule ; le principe de ce système de rayonnage est, comme nous le verrons, précisément le même que celui admis dans les moulins à meules modernes. L'emploi des petites meules à main se retrouve encore de nos jours dans les contrées les plus diverses : Russie, Suède, Norvège, Écosse, Islande, Palestine, Perse, Indes, Nord de l'Afrique, etc...

Notons en passant que le concassage des grains n'était pas toujours obtenu au moyen des meules ; on se servait également, et on se sert encore aujourd'hui, de mortiers et de pilons. Cette disposition se rencontre plus particulièrement en Extrême-Orient, sur les côtes d'Afrique, et à Madagascar, pour le travail du riz.

L'adaptation à la commande des meules de la turbine à eau, du moulin à vent, puis enfin de la vapeur, permit de donner aux moulins à blé leur forme définitive. Les meules, commandées mécaniquement, tournèrent avec une vitesse beaucoup plus grande que les meules mues par le bras de l'homme ou par les animaux; la force centrifuge, développée dans les appareils par la vitesse de rotation, permet au grain de passer sous les meules beaucoup plus rapidement qu'il ne faisait dans tous les moulins anciens; les sillons que l'on creuse à la surface des meules, guident également le grain et facilitent encore son cheminement. Ces deux raisons ont permis de faire des meules complètement plates, la pente n'étant plus nécessaire pour donner au grain la vitesse d'écoulement indispensable à un bon travail. Les meules plates sont en usage chez nous depuis plus de cent ans; les meules rayonnées firent leur apparition vers 1815. Les meules, augmentant de diamètre, durent en même temps cesser d'être monolithes : on ne pouvait, en effet, trouver des pierres de grandes dimensions présentant dans toutes leurs parties une égale dureté, et on construisit dès lors les meules en assemblant les pierres, les carreaux, réunis par lots de dureté égale et répartis sur la surface travaillante d'après l'effort à fournir.

La meule de pierre, arrivée à son plus haut degré de perfectionnement, ne devait pas tarder à être elle-même remplacée par un nouvel engin. Le nouveau système de mouture, transformant radicalement les anciennes méthodes de travail, rem-

plaçant les antiques meules de pierre par des cylindres métalliques, ne s'est définitivement installé chez nous qu'à partir de 1885. Toutefois les inventeurs poursuivaient depuis longtemps leurs recherches dans cette nouvelle direction : des brevets anglais datant de 1753, 1774, 1810, contiennent le principe des appareils modernes. Un Français, Bérard, broya le blé pendant plusieurs mois, en 1818, entre des cylindres de fonte ; il rétablit ensuite ses meules pour le broyage lui-même, conservant les cylindres pour comprimer le grain avant la mouture, et pour séparer les pierres ; il s'agissait simplement d'un complément de nettoyage. En 1823, un Américain, John Collier, moulait le blé entre des cylindres d'acier.

Vers 1830, un meunier de Saint-Denis, Benoist, se servit pendant de longues années, comme appareil de mouture, d'un cylindre de pierre, tournant sur un axe horizontal, contre un sabot fixe, également en pierre, taillé en quart de cylindre.

Après une longue liste d'inventions, également tombées dans l'oubli, nous trouvons les moulins de Wegmann, de Zurich, qui datent de 1875, et dans lesquels le blé est broyé entre des cylindres de porcelaine ; nous retrouverons un peu plus loin ces appareils, qui sont encore construits aujourd'hui, mais plus spécialement pour la mouture des gruaux.

Le pas définitif fut franchi, grâce à la maison Ganz, de Budapesth, et à son directeur M. André Mechwart, qui substitua, dans la construction des cylindres de meunerie, la fonte trempée à la fonte ordinaire et qui rendit pratique le nouveau système de mouture. La nouvelle invention, sitôt née, se répandit rapidement, tout au moins à l'étranger, en Autriche-Hongrie, en Allemagne, en Angleterre. La maison Ganz, qui avait livré vingt cylindres en 1873, en fournit 1870 en 1884. En France, le progrès fut lent à pénétrer : en 1878, la maison Brault, Teisset et Gillet avait bien acquis le droit d'exploiter les brevets Ganz ; en 1879 un moulin du nouveau modèle avait bien été établi à Rouen, mais les choses en restèrent là. Cependant la consommation réclamait de plus en plus des farines blanches, que les meules ne peuvent pas fournir, et les importations de farines étrangères croissaient sans cesse. Devant ce danger, la Chambre syndicale des grains et farines s'émut ; des missions

furent envoyées à l'étranger, en Allemagne et en Autriche ; une exposition fut organisée en 1885 ; ces efforts furent récompensés et, à partir de cette date, la meunerie française entra résolument dans la voie du progrès.

Aujourd'hui, le broyage du blé peut donc être réalisé, soit au moyen des meules de pierre, soit au moyen des cylindres métalliques, soit enfin au moyen de broyeurs divers, à percussion, ou à plateaux. Nous allons examiner ces différents engins, et voir comment ils agissent sur le grain de blé.

BROYAGE AU MOYEN DES MEULES

Le moulin à meules est formé par la réunion de deux meules, dont l'ensemble prend le nom de tournant. Les meules ont une forme cylindrique, d'un grand diamètre et d'une faible hauteur ; elles sont maintenues l'une au-dessus de l'autre ; l'une est fixe, et prend le nom de gisante, ou dormante ; l'autre reçoit, au contraire, un mouvement de rotation, c'est la courante ou la volante. Le plus souvent, c'est la meule inférieure qui est la meule gisante ; mais parfois on trouve la disposition inverse : tournant avec volante inférieure. Les deux meules étant construites de la même façon, voyons d'abord les matériaux qui servent à la fabrication ; nous verrons ensuite le dressage des meules, leur assemblage et leur mode d'action.

Pierres à meules. — La nature de la pierre dont on fera la meule a une grande importance ; une pierre trop tendre s'effritera et la farine obtenue sera mélangée de particules pierreuses qui produiront un effet désagréable sous la dent du consommateur, tout en l'usant d'une façon anormale ; une pierre trop dure, au contraire, se polit à l'usage et les grains glissent trop facilement à sa surface. On a fait des meules au moyen de pierres granitiques, dans le Jura et dans la Savoie, sur les côtes de la Normandie et de la Bretagne ; ailleurs, c'est le grès qui a été employé : dans la Haute-Loire, dans la Forêt-Noire, en Suède, en Angleterre ; la lave également fournit une matière première pour la construction des meules, et c'est elle que les Romains préféraient. Mais la pierre la meilleure est une variété

de silex, qui est lui-même constitué par de la silice, variété que l'on désigne sous le nom de silex meulier, ou plus simplement de meulière. Il y a des gisements de ces silex dans différents pays, en Hongrie et en Amérique notamment, mais la France est plus particulièrement bien dotée, sous ce rapport.

Le gisement le plus important est celui de la Ferté-sous-Jouarre, dans le département de Seine-et-Marne, qui fournit les pierres les plus diverses et répondant à tous les besoins. Viennent ensuite, par ordre d'importance, les gisements de la Marne, à Montmirail et Épernay ; d'Eure-et-Loir, à Épernon ; de la Vienne, à Lésigny ; de la Dordogne, à Bergerac ; du Calvados, à Orbec ; de l'Indre-et-Loire, à Cinq-Mars-la-Pile. L'Yonne, l'Eure, les Deux-Sèvres fournissent également quelques pierres meulières, mais qui ne sont employées que dans le rayon du lieu de production. Le silex meulier se présente sous forme de masses, disséminées dans des bancs d'argile des terrains tertiaires. Ces masses de silex, d'aspect compact, présentent cependant des cavités, qui formeront plus tard sur la surface de la meule des trous de dimensions plus ou moins grandes, qu'on appelle des éveillures. Ces silex offrent des duretés différentes ; ils ont également des couleurs variables : blanc, gris, bleu, rose, jaune-brun. La France exporte chaque année, non seulement une assez grande quantité de meules toutes construites, mais encore des pierres préparées pour la confection des meules à l'étranger.

FABRICATION DES MEULES

La pierre est extraite de la carrière, soit au moyen de la mine, pour les blocs de grandes dimensions, soit simplement par choc, au marteau, pour les blocs plus petits. Les fragments ainsi extraits sont taillés en morceaux parallélépipédiques, mesurant de $0^m,20$ à $0^m,40$ de côté, que l'on appelle des carreaux, et que l'on trie soigneusement par lots d'égale dureté. La face la plus belle de chaque carreau est grossièrement dressée, pour former plus tard la surface travaillante de la meule.

Le diamètre moyen adopté pour les meules modernes est de

1m,50 ; mais on trouve des meules plus petites, 1m,40, 1m,30, 1m,20, et des meules plus grandes atteignant 1m,60. De pareilles pièces ne peuvent être taillées dans un seul bloc: la qualité des silex est trop variable pour qu'une meule dans ces conditions présente partout une égale dureté ; en outre, les meules travaillant surtout dans les parties voisines de la périphérie, il est logique d'employer les pierres les plus dures pour en faire le tour des meules ; on procédera donc en assemblant les carreaux obtenus précédemment. La meule comprend plusieurs parties concentriques ; en allant de l'intérieur à l'extérieur, on trouve tout d'abord le cœur ou boîtard, percé en son centre d'une ouverture circulaire qui est l'œillard. Le cœur sera formé par l'assemblage d'un petit nombre de grands carreaux, cinq ou six, que l'on choisira parmi les pierres les plus tendres, le boîtard devant fournir pendant la mouture l'effort minimum. Ce boîtard est entouré d'une partie qu'on appelle l'entourage, et qui se décompose elle-même en deux autres parties, l'entrepied, et la feuillère ou couronne, qui forme la région tout à fait externe. L'entourage sera construit de carreaux petits, de forme irrégulière, de pierre dure, et, comme c'est la feuillère qui devra achever l'écrasement du grain, on lui réservera les pierres les plus résistantes. Chaque partie de la meule doit être constituée par des pierres identiques de dureté, de coloration, et présentant les mêmes éveillures, c'est-à-dire offrant des cavités analogues, qui donneront à la meule son mordant. Pour une meule de 1m,50, les dimensions de ces différentes zones seront environ de 0m,18 de rayon pour l'œillard ; puis 0m,17 à 0m,18 de largeur pour le cœur ; 0m,12 à 0m,15 pour l'entrepied, et au moins 0m,25 pour la feuillère.

Pour construire une meule, l'ouvrier taille d'abord les carreaux du boîtard, en leur donnant une forme géométrique, et en laissant au centre le vide de l'œillard, puis il assemble ces carreaux par des joints de ciment. Le boîtard ainsi constitué est dressé contre un mur, et l'ouvrier procède à la confection de l'entourage en donnant aux carreaux la forme convenable pour pouvoir les adapter aux parties déjà en place. Le nombre des carreaux qui entrent dans la confection d'une meule est très variable ; il peut dépasser une cinquantaine. La meule achevée,

pour lui donner une solidité parfaite, on maintient tout l'assemblage au moyen de deux cercles de fer, faits en tôle de 5 millimètres d'épaisseur, et de 7 à 8 centimètres de hauteur. Le diamètre de ces cercles ou frettes est un peu inférieur au diamètre même de la meule, on les met en place après les avois portés au rouge, pour agrandir leur diamètre de la quantité convenable ; pour cette opération, la meule a été mise à plat sur le sol, la face travaillante en dessous. La meule cerclée est alors retournée, et on procède au dressage de la surface travaillante. L'ouvrier s'efforce, en battant au marteau toutes les parties saillantes, de rendre la surface de la meule parfaitement plane ; il se guide dans son travail d'après les indications d'une règle enduite de couleur rouge, et qui, promenée sur la meule, colore les points encore proéminents. La surface de la meule ne doit pas être cependant parfaitement plane ; il faudra plus tard que le grain déversé par l'œillard puisse s'engager entre les deux meules ; il faudra donc que celles-ci présentent un écart, une entrée suffisante, dans leur région centrale ; puis, le broyage s'effectuant, le grain diminuant de volume en s'approchant de la périphérie, il faudra que ces parties de la meule se rapprochent l'une de l'autre. On « donnera donc de l'entrée » aux meules, en creusant légèrement en entonnoir leur partie centrale, boîtard et entrepied. Le diamètre de cet entonnoir sera de $0^{m},50$ environ. La hauteur de l'entrée au bord de l'œillard sera de 1 à 2 millimètres sur la meule dormante et de 3 à 4 millimètres sur la meule courante.

La surface étant ainsi préparée, on pourra procéder à son rayonnage ; pour cela on la creusera de sillons, que l'on désigne sous le nom de rayons, bien qu'ils ne soient pas dirigés suivant les rayons géométriques de la meule. On distingue deux sortes de rayons : les rayons principaux qui vont depuis le bord de l'œillard jusqu'à la périphérie de la meule, et les rayons latéraux, placés entre les premiers et creusés parallèlement à un rayon principal ; l'ensemble, formé par un rayon principal et les rayons latéraux qui le séparent du rayon principal suivant, constitue ce qu'on appelle une division. La direction des rayons principaux est déterminée au moyen de tangentes à un cercle concentrique au cercle de l'œillard, et de diamètre plus petit,

qu'on appelle le cercle de chasse. On place sur les meules un nombre de divisions variable suivant le diamètre de la meule, et qui est en général de 15 pour les meules de 1^{m}30, de 16 pour les meules de 1^{m},40, de 17 pour les meules de 1^{m},50. Entre deux rayons principaux consécutifs, on place d'ordinaire deux rayons latéraux. Le profil des deux sortes de rayons est le même : chacun d'eux est formé par un plan, appelé l'escarpe, taillé perpendiculairement à la face de la meule, ou dans une direction très légèrement inclinée ; un second plan, appelé le rampant, part du fond du rayon, remonte obliquement et vient se raccorder avec le plan de la surface. Ce plan incliné n'a pas

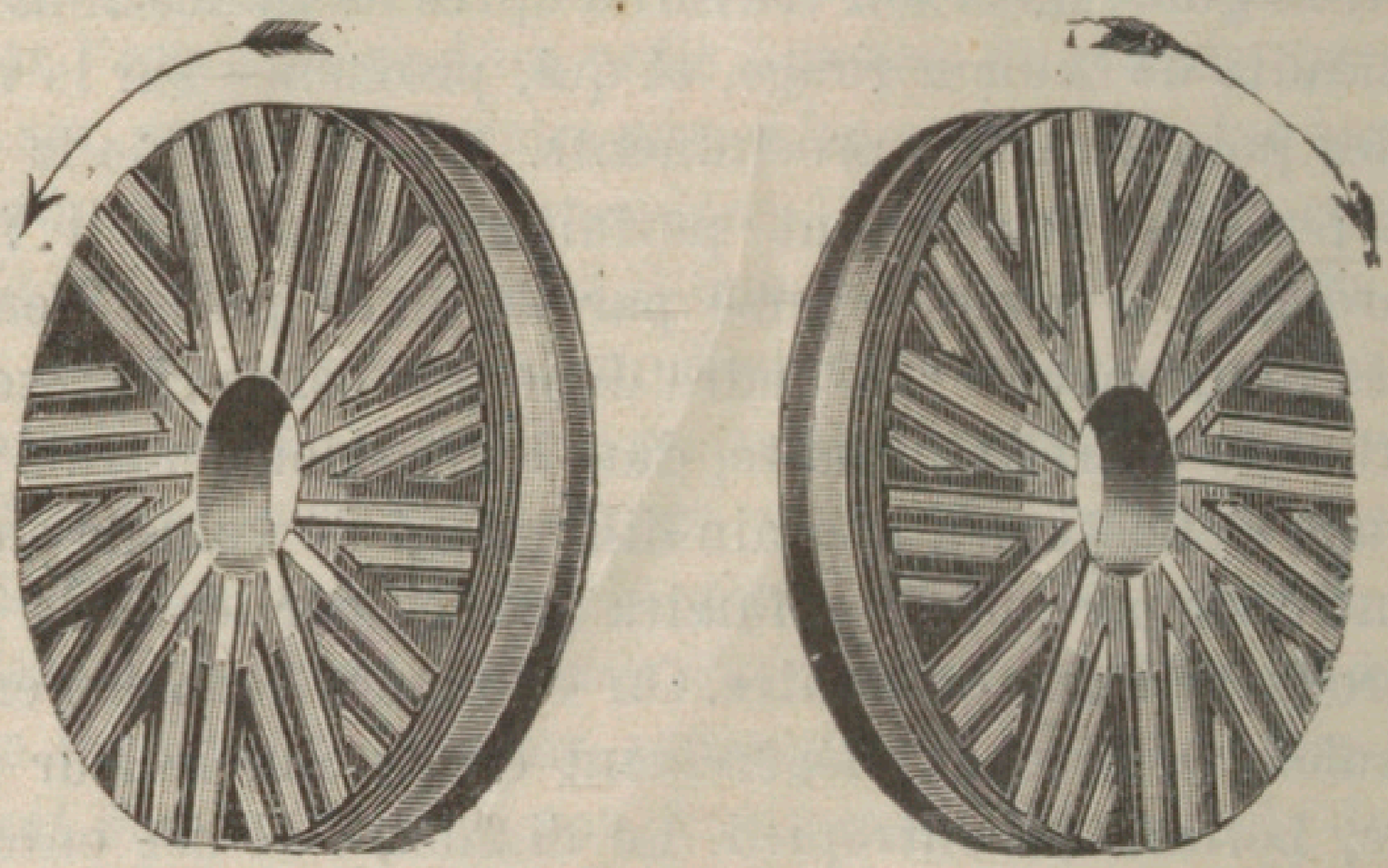


Fig. 52. — Meules de pierre.

la même largeur dans toute son étendue : il se trouve plus large du côté de l'œillard et plus étroit du côté de la feuillère. Entre deux sillons consécutifs se trouve une partie plane, à laquelle on donne le nom de portant. La largeur de ces portants est variable, de sorte que l'inclinaison des rampants est elle-même variable : on distingue les rampants ordinaires, les rampants raides et les rampants doux. La profondeur des rayons principaux diminue de l'entrée à la périphérie de la meule : 6 millimètres environ au boîtard, 3 millimètres à la périphérie. La profondeur des rayons latéraux reste généralement invariable d'une extrémité à l'autre. Les rayons (fig. 52) ainsi creusés sur les meules sont inclinés, soit à droite, soit à gauche. La disposition adoptée dépend du sens dans lequel devra tourner

le moulin : si le moulin tourne de droite à gauche, les meules seront rayonnées à droite. Les deux meules, gisante et courante, seront rayonnées dans le même sens; renversées plus tard l'une sur l'autre, elles verront leurs rayons devenir de sens inverse et se croiser, une fois le moulin en marche. Enfin, à la partie périphérique des meules, là où les deux pierres sont presque au contact, partie qui prend le nom de portée, on déterminera plus tard une série de petites rainures, espacées de 2 millimètres, profondes de 1 millimètre, parallèles entre elles et parallèles à l'un des rayons principaux limitant la division où elles se trouvent. Ces rainures si fines, qui ont pour but d'empêcher le glissement des sons, presque entièrement débarrassés de farine, portent le nom de rhabillures; elles sont faites par le meunier lui-même.

La meule amenée à cet état n'est pas encore achevée ; son épaisseur est loin d'être uniforme, les carreaux qui la composent n'ont pas un poids identique, de sorte que la volante ne pourrait pas tourner, en conservant toujours sa surface bien horizontale. Il faut procéder à l'équilibrage ou rechargement, qui consiste, la meule étant retournée, à garnir la face opposée à la face travaillante de petites pierres, retenues au moyen de ciment, et disposées de telle sorte que la répartition du poids se fasse également sur toute la superficie de la meule. Enfin, pour permettre au meunier de placer sa meule en équilibre parfait, on encastre, dans cette maçonnerie, aux trois sommets d'un triangle équilatéral, trois petites boîtes métalliques, dans lesquelles on peut introduire des masses pesantes, du plomb par exemple, pour achever de donner aux parties les plus légères le poids nécessaire.

Finalement la meule, dont la surface a reçu un dernier polissage au marteau, est livrée au meunier, et c'est ce dernier qui met le moulin en état de travailler. La surface des meules n'est pas, en effet, suffisamment unie pour donner une bonne mouture ; elle porte encore un certain nombre d'aspérités, que le meunier met en évidence par le riblage. Cette opération consiste à faire tourner les deux meules l'une sur l'autre, soit à sec, soit en interposant de l'eau entre elles ; au bout d'un certain temps, on peut relever les points de frottement, que l'on peut

ensuite battre modérément ; on recommence à nouveau le riblage, en rapprochant un peu plus les meules, jusqu'à ce que les deux surfaces, s'appliquent bien l'une sur l'autre. Au riblage, on fait succéder le rodage, qui consiste à faire tourner encore le moulin en interposant entre les meules du sable fin et anguleux tamisé, et enfin on termine ce travail préparatoire en faisant moudre aux meules une certaine quantité de sons.

M. G. Roger, de la Ferté-sous-Jouarre, prépare la surface des meules d'une manière beaucoup plus rapide et très satisfaisante en usant la pierre au moyen d'un tour garni de diamants noirs.

AGENCEMENT DU MOULIN A MEULES

Maintenant que nous connaissons les meules, voyons de quelle façon elles sont disposées et reliées l'une à l'autre pour pouvoir effectuer le travail de la mouture (fig. 53). Nous supposerons le cas d'un moulin à courante supérieure.

Meule dormante. — La meule dormante, que l'on appelle encore le gîte, est placée sur le plancher du moulin, ou encastrée dans ce plancher, pourvu alors d'une cavité convenable. La meule est placée dans un châssis de bois ou de fonte ; elle doit être assise bien de niveau, mais sa position ne doit pas être absolument fixe. On doit pouvoir la déplacer au besoin dans le sens vertical, comme dans le sens horizontal : il faut relever la meule, lorsque l'usure est telle que la face travaillante ne dépasse plus le bord du châssis ; il faut relever un côté ou l'autre, lorsque la position horizontale de la meule vient à être dérangée. Pour cela, la meule repose sur trois vis de réglage, à bout aplati, et s'appuyant sur trois plaquettes de fer encastrées à la face inférieure de la meule. En agissant sur les trois vis à la fois, on élève la meule parallèlement à elle-même; en agissant sur une ou deux vis seulement, on peut régler l'horizontalité de la surface. Pour déplacer la meule dans une direction horizontale, ce qui est nécessaire pour faire coïncider le centre de la meule avec l'axe du moulin, on dispose encore trois vis de réglage, mais qui sont cette fois disposées sur la paroi verti-

cale du châssis. Le châssis est percé, en un point de sa circonférence, d'une ouverture qui donne passage au conduit chargé d'enlever les produits moulus.

La meule courante est placée au-dessus de la meule dormante, et rabattue sur elle, de façon que les deux faces rayonnées se trouvent en regard. La meule courante repose en équilibre sur un arbre vertical, qu'on appelle le gros fer ou le fer à

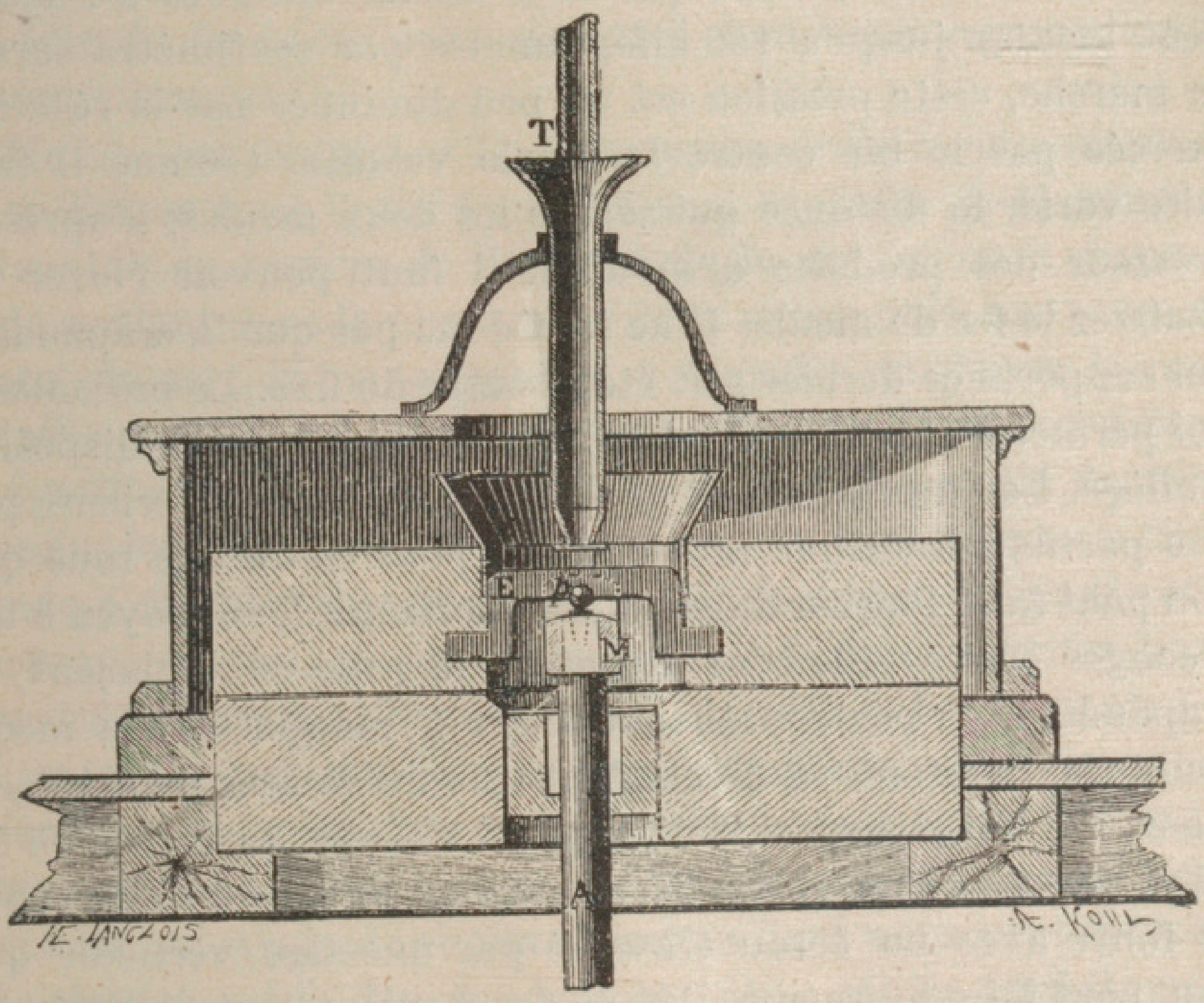


Fig. 53. — Coupe d'une paire de meules.

moulin. Ce dernier, traversant l'œillard de la meule dormante, reçoit, par sa partie inférieure, au moyen d'une commande disposée au-dessous du plancher, un mouvement de rotation sur lui-même, et ce mouvement sera communiqué à la meule courante. Voyons comment cette disposition se trouve réalisée.

Fer à moulin. — Le gros fer, ou fer de meule, est un arbre en fer forgé de toute première qualité ; il a un diamètre de 70 à 90 millimètres, et une longueur de $1^{m},25$ environ. Il se termine à sa partie inférieure par un pivot en acier fondu, qui tourne

sur une plaque d'acier fondu et trempé, « le grain de la crapaudine », enchassée dans une pièce de fonte qui forme le corps de la crapaudine. Le grain de la crapaudine est creusé à sa surface de deux rainures croisées qui, permettant à l'huile de circuler librement, assurent un bon graissage des parties portantes. La pression que le pivot exerce sur le grain, due au poids de la meule courante supportée par le gros fer, augmenté des différents accessoires que nous allons voir tout à l'heure, peut monter jusqu'à 150 kilogrammes par centimètre carré ; en marche, cette pression est un peu diminuée par la réaction exercée par le blé contre la meule volante. Comme il faut faire varier la distance qui sépare les deux meules, d'après la grosseur des produits à moudre, il faut pouvoir élever ou abaisser le fer de meule. Il ne faut donc pas que la crapaudine qui supporte ce dernier soit établie à poste fixe. Le mécanisme qui permet d'obtenir le déplacement désiré est appelé dispositif d'allège. La crapaudine est prolongée à sa partie inférieure par une partie cylindrique filetée, qui a pour écrou une roue que l'on peut faire tourner dans un plan horizontal, au moyen d'engrenages convenablement disposés : la roue se déplaçant, la crapaudine, et par conséquent le fer à moulin et la meule courante, montent ou descendent suivant le sens du déplacement. Un autre dispositif d'allège est à levier. Ce levier, de fer forgé, repose à l'une de ses extrémités sur deux tourillons venus de fonte avec un écrou traversé par une tige verticale que l'on peut faire tourner de l'étage des meules ; l'autre extrémité du levier supporte la crapaudine, qui, par suite, monte ou descend quand on vient à faire tourner la tige verticale filetée dans l'écrou de commande.

Le gros fer porte encore, dans sa partie placée au-dessous des meules, une poulie sur laquelle passe la courroie qui communique au moulin son mouvement de rotation.

Le fer à moulin doit maintenant traverser la meule gisante : à cet effet, l'œillard de cette meule est garni d'une boîte de fonte, qu'on appelle le boîtard et qui sert d'appui et de guide à la partie supérieure de l'arbre ; cette boîte est fixée dans la meule au moyen de trois appendices, venus de fonte avec la boîte, et scellés dans la pierre au moyen de plâtre. Le gros

fer est maintenu dans le boîtard au moyen de trois coins de bois de gaïac, que l'on maintient serrés contre l'arbre au moyen de coins de fonte, commandés par des vis. L'espace restant entre les coins est garni de chanvre et de suif pour bien graisser le fer.

La partie du fer à moulin qui émerge au-dessus de la meule dormante est la tête du fer ; elle est de forme tronconique et supporte une pièce d'acier arrondie, qu'on appelle le pointal. La tête du fer porte deux clavettes dont nous verrons le rôle dans un instant.

Meule courante. — La suspension de la meule courante et sa liaison avec le fer à moulin sont réalisées de la manière suivante : en travers de l'œillard de la meule, on a disposé, en la scellant dans la pierre à ses deux extrémités, une pièce de fonte, de section rectangulaire, à laquelle on donne le nom d'anille. La face inférieure de cette anille porte, en son milieu, une petite cavité, dans laquelle on engage le pointal du fer à moulin, lorsque la meule supérieure a été mise en place. Si la meule a été bien équilibrée, elle doit se maintenir dans cette position, en restant parfaitement horizontale. D'autre part, avant de placer la meule courante, on coiffe le fer de meule par un entraîneur, sorte de manchon métallique, dont la partie inférieure est creusée en tronc de cône, de manière à s'appliquer exactement sur la tête du fer. Ce manchon porte deux rainures qui, s'adaptant aux clavettes dont nous avons signalé la présence sur le fer, rendent les deux pièces parfaitement solidaires l'une de l'autre. A sa partie supérieure, l'entraîneur ou manchon d'anille porte une fente, dans laquelle on engage l'anille. De cette manière, l'anille étant en équilibre sur le pointal et étant reliée au fer à moulin par l'intermédiaire de l'entraîneur, lorsque la poulie de commande se mettra à tourner, la meule volante tournera également, et avec la même vitesse que la poulie.

Ce mode de liaison est très avantageux en ce sens que la meule courante est simplement posée sur le fer à moulin et qu'il suffit de la soulever pour la dégager.

En travail, le tournant est enveloppé dans une caisse de bois, plus rarement de tôle, qui a pour but d'empêcher la poussière

de farine de s'envoler dans le moulin. Cette enveloppe porte le nom d'*archure*.

L'archure est percée sur sa face supérieure d'une ouverture par laquelle le blé arrive au moulin, par l'intermédiaire d'un *distributeur*. On faisait, surtout autrefois, usage d'un distributeur à secousses appelé le babillard, constitué par une trémie à fond incliné ; l'appareil étant animé d'un mouvement de va-et-vient, le blé glisse sur ce fond incliné et tombe dans l'œillard. Ce distributeur bruyant est souvent remplacé par un distributeur centrifuge. Ce dernier est formé d'un entonnoir métallique, terminé à sa partie inférieure par un tuyau qui s'engage dans l'œillard et vient se terminer à quelque distance d'une petite assiette de distribution, installée sur l'anille et tournant avec elle. Le grain déversé sur cette assiette est donc réparti circulairement à l'entrée des meules ; on règle la quantité de blé admise en faisant varier la distance comprise entre l'assiette et l'extrémité du tuyau d'amenée ; celui-ci est, dans ce but, formé de deux parties, la partie inférieure pouvant être déplacée, élevée ou abaissée, au moyen d'un volant ou d'un levier.

La vitesse de rotation que l'on imprime à la meule courante, est ordinairement comprise entre $8^m,50$ et $9^m,50$ à la périphérie. Le nombre de tours que la meule devra effectuer est donc variable d'après le diamètre de la meule. La vitesse périphérique u d'une meule de diamètre d et faisant t tours, par minute est donnée par la formule $u = \frac{t\pi d}{60}$ ou $u = 0,05236td$; par conséquent une meule de $1^m,50$, tournant à la vitesse de $8^m,50$, devra faire 100 tours ; une meule de $1^m,40$ tournera, pour avoir la même vitesse, à 115 tours, et une meule de $1^m,30$, à 125 tours.

Commande des meules. — Nous avons dit plus haut que le fer à moulin portait la poulie de commande, que l'on entraînera au moyen d'une courroie. Dans les commandes de ce genre, la vitesse périphérique de la poulie devant être aussi grande que possible, on donnera à la poulie, calée sur le fer de meule, un diamètre égal à celui de la meule elle-même. L'arbre étant vertical, et la poulie horizontale, on munit cette dernière

d'un rebord, sur lequel la courroie pourra reposer. Avec ce système de courroie horizontale, le débrayage et l'embrayage se font très facilement, sans qu'il soit nécessaire d'arrêter le moulin : il suffit d'avoir un galet tendeur qui permet d'appliquer la courroie contre la poulie, lorsqu'il faut mettre cette dernière en marche.

Au lieu de se faire pour poulie et courroie, la commande peut également se faire au moyen d'engrenages, mais ce système bruyant est de plus en plus abandonné aujourd'hui. En général, les différents tournants d'un moulin sont groupés en cercle autour d'un même arbre vertical central. Cet arbre reçoit le mouvement du moteur, et le transmet à chaque tournant au moyen de poulies placées les unes au-dessus des autres; cette disposition peut être adoptée, lorsque le nombre des tournants à commander ne dépasse pas six ; au delà on fait plusieurs groupes de six avec un arbre central, ou bien on place les tournants en ligne et on les commande au moyen d'un arbre horizontal et de courroies tordues.

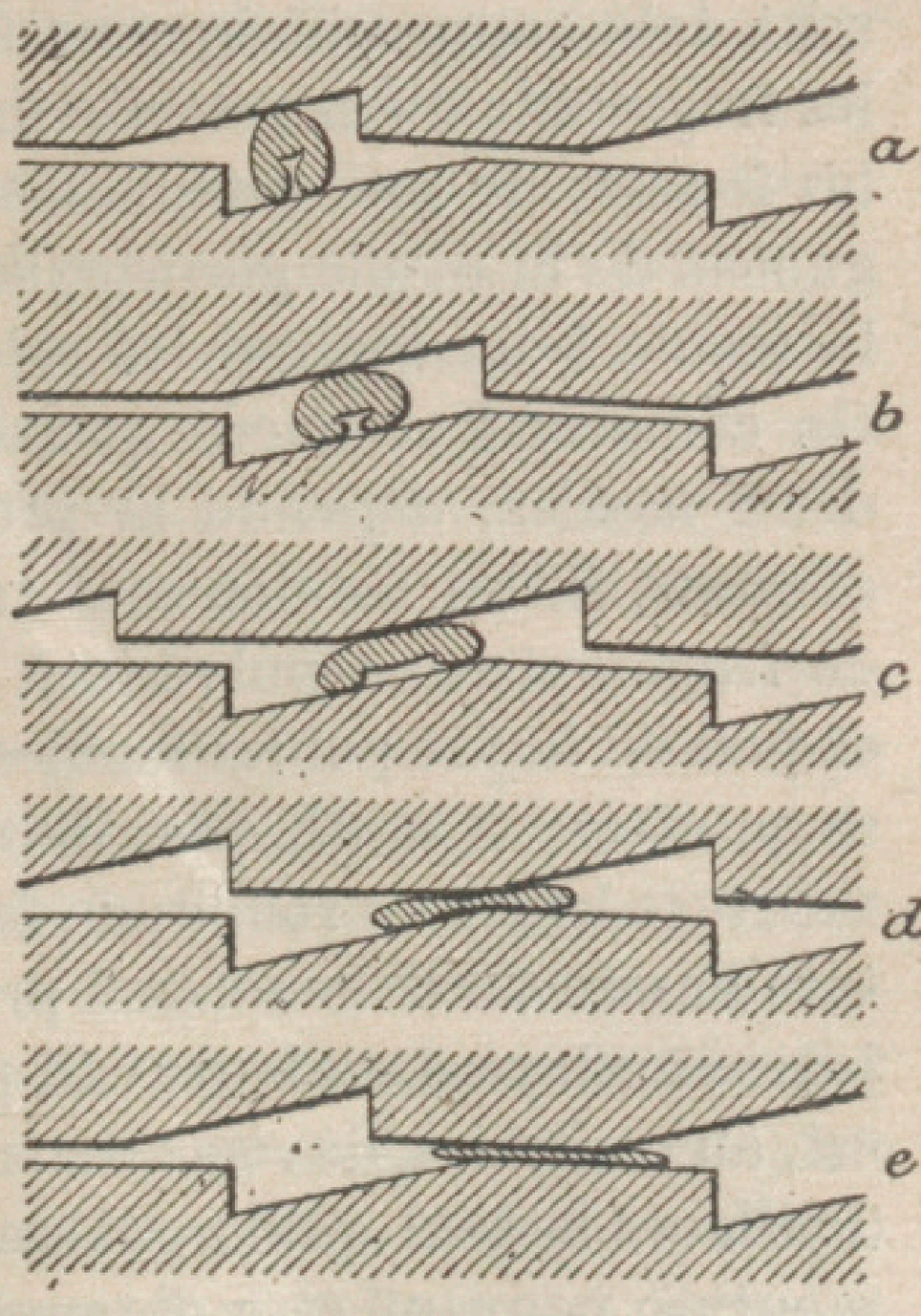


Fig. 54. — Schéma du broyage du grain dans les meules.

Mode d'action des meules. — Le blé qui est introduit entre les deux meules, poussé par le grain qui arrive sans cesse, se trouve immédiatement soumis à l'action de la force centrifuge (fig. 54). L'entrée, c'est-à-dire l'espace qui sépare les deux meules du côté de l'œillard, est suffisante pour que le grain puisse pénétrer entre les deux surfaces travaillantes ; dans toute la région du boîtard, le grain est concassé plus ou moins grossièrement ; puis, l'intervalle qui existe entre les deux meules venant à se rétrécir de plus en plus, les gros fragments, les gros gruaux

sont fragmentés de nouveau, jusqu'à ce qu'ils puissent s'échapper à la périphérie; pendant ce temps, les enveloppes, qui sont, avons-nous dit, plastiques, s'étirent, se laminent sous l'action des meules, pour sortir finalement à l'état de feuilles de son. Les fragments qui sont entraînés par la rotation de la meule courante avancent de deux façons : d'une part, ils suivent les rayons, et, d'autre part, sollicités sans cesse à décrire des cercles, ils sont continuellement déviés suivant la tangente de ce chemin circulaire, par l'effet de la force centrifuge ; ils décrivent donc une spirale. Passant du fond des rayons, où l'espace est relativement grand, au sommet des portants où les meules sont très rapprochées, pressés par le poids de la courante, les fragments d'amande diminuent de plus en plus de volume ; les feuilles de son, retenues en quelque sorte à la surface rugueuse de la meule gisante, sont continuellement grattées par la meule courante qui les rejette enfin complètement curées. On comprend aisément que, de l'écart qu'on laisse entre les deux meules, dépende la proportion des différents produits obtenus. Si les meules sont très écartées, il y aura beaucoup de fragments non pulvérisés, il y aura beaucoup de gruaux et peu de farine ; si les meules sont très rapprochées, l'inverse se produira. On dit que, dans le premier cas, on fait de la mouture haute ou ronde; on fait, dans le second cas, de la mouture basse. C'est le second procédé qui est actuellement toujours employé dans le travail par meules, tandis que le premier est, au contraire, de règle dans le travail par les cylindres; c'est d'ailleurs le seul qu'ils puissent exécuter. Les deux modes de mouture peuvent être obtenus par les meules, mais les résultats de la mouture ronde faite par meules sont très inférieurs à ceux que donnent les cylindres.

Ventilation. — Le rapprochement très considérable des meules, fournissant un travail intense, s'accompagne forcément d'un dégagement de chaleur; on voit la température des produits moulus qui s'échappent du tournant, produits dont l'ensemble reçoit le nom de boulange, s'élever souvent à 50°-55°. Cette élévation de température risque d'altérer la qualité de la farine, le gluten chauffé trop fortement perdant de son élasticité ; et, en outre, la chaleur volatilise une partie de

l'eau contenue dans la farine; cette eau, se condensant ensuite, peut provoquer des empâtements dans les tuyaux et encrasser les garnitures des bluteries. Pour remédier à cet inconvénient, on refroidit la boulange en travail par un courant d'air qu'on fait passer à la surface des meules ; cette ventilation a également pour effet de faciliter à la boulange la sortie du moulin, et par suite d'augmenter le rendement de ce dernier.

Le système le plus généralement employé consiste à aspirer de l'air par l'œillard, au moyen d'un ventilateur, et à filtrer l'air qui sort du moulin pour retenir les produits qui sans cela seraient entraînés par la force du courant d'air ; un tournant a besoin, pour être bien ventilé, de 20 mètres cubes d'air environ par minute. Pour réaliser ce dispositif, on place une manche de cuir, qui forme joint à sa partie supérieure avec l'archure, à sa partie inférieure avec la volante, de manière que l'air aspiré soit directement conduit entre les meules et ne puisse se répandre dans l'archure. Sur le couvercle de l'archure, on dispose le filtre, destiné à arrêter les poussières entraînées ; ce filtre est formé par un tissu de flanelle, fixé sur une carcasse métallique, de façon à former des plis nombreux que l'on range soit radialement, soit concentriquement : pour des meules de $1^{m},25$, il faut une surface filtrante de 3 mètres carrés. L'étoffe du filtre est fixée soigneusement à l'archure, de manière à former une chambre bien close, dans laquelle aspire le ventilateur. Les poussières se déposant sur la surface filtrante, on voit que celle-ci serait rapidement bouchée, si l'on ne venait secouer le tissu de temps à autre, soit simplement à la main, soit au moyen d'un secoueur mécanique. Le tuyau qui se rend au ventilateur doit déboucher sur le côté de l'archure, et non sur son couvercle, de manière que l'eau condensée ne puisse pas retomber sur le tissu filtrant, en l'empâtant. Il convient de donner à l'air; dans le tuyau d'aspiration, une vitesse de $21^{m},50$ par seconde, produisant dans l'intérieur des meules une dépression de 50 à 70 millimètres d'eau. Enfin, pour que le tuyau qui sert à l'évacuation de la boulange ne produise pas un fâcheux appel d'air, on munit ce tuyau d'un clapet automatique, identique à celui que nous avons décrit à propos du

nettoyeur-aspirateur, en nous occupant du nettoyage des grains.

Rhabillage des meules. — A force de tourner, la surface des meules s'use, les rayons et surtout les fines rhabillures s'émoussent, et il faut que le meunier retaille ses meules de temps à autre pour qu'elles continuent à faire un bon travail. Cette opération, qui porte le nom de rhabillage se fait tous les six ou huit jours. Pour rhabiller un tournant, il faut tout d'abord dégager la meule supérieure, et la retourner à côté de la meule gisante pour que les surfaces travaillantes soient facilement accessibles. Pour lever la courante, on dispose à côté du moulin une potence, dont le petit bras supporte un grand fer à cheval demi-circulaire, fixé à l'extrémité d'une tige filetée qui passe dans le bras de la potence. Les deux extrémités du fer à cheval se terminent par deux anneaux, que l'on amène en face de deux trous, creusés dans la paroi verticale de la meule, aux deux extrémités d'un même diamètre ; on engage deux forts gougeons de fer dans ces trous et dans les anneaux du fer à cheval, et, en agissant sur la tige filetée, on peut lever la courante, et la placer dans la position convenable. On détermine alors, au moyen d'une règle, enduite de rouge, les parties les moins usées qu'il faudra entailler plus profondément ; puis l'ouvrier rhabilleur, penché sur la meule, l'attaque à petits coups de marteau, pour lui rendre le mordant nécessaire, tout en l'entaillant le moins possible. Le métier du rhabilleur est fort pénible, l'ouvrier étant exposé à avaler la poussière qui s'envole de la pierre martelée ; on a essayé diverses machines pour exécuter ce rhabillage mécaniquement, mais sans arriver à d'aussi bons résultats que par le travail à la main.

Débit et force employée. — Le débit des tournants de meule dépend de la nature du blé travaillé, et du genre de mouture, haute ou basse, effectuée. On peut admettre comme débit des meules, par heure et par décimètre carré de surface travaillante, c'est-à-dire la surface totale de la meule courante, déduction faite de la surface de l'œillard : en mouture basse, $1^{kg},5$, et en mouture ronde, $4^{kg},7$; pour ce qui est de la force nécessaire, on peut admettre que un cheval permet de moudre par heure 30 kilogrammes de blé en mouture basse et 90 kilogrammes en mouture haute.

BROYAGE AU MOYEN DES CYLINDRES

Le travail que l'on exécute au moyen des cylindres, repose sur un principe tout différent de celui que nous venons de voir appliquer dans le travail des meules. Au lieu de soumettre le grain à une action brutale et prolongée donnant par un seul coup de meules une forte proportion de farine, nous allons voir le blé passer successivement dans toute une série de broyeurs, formés de deux cylindres métalliques, tournant en sens inverse l'un de l'autre. La surface de ces cylindres portera des cannelures, et ces cannelures seront de plus en plus fines à mesure qu'on se rapprochera de la fin du travail ; de même, l'écartement laissé entre les deux cylindres deviendra de plus en plus faible. Dans ces conditions, on réalisera une mouture progressive ; on attaquera le grain peu à peu, cherchant à obtenir, non pas de la farine, mais des fragments d'amande farineuse, débarrassés de toute enveloppe, fragments que l'on reprendra ensuite pour les convertir en farine, dans de nouveaux appareils différents des premiers. Les fragments d'enveloppe seront beaucoup moins brisés que précédemment ; les feuilles de son seront beaucoup plus larges. Le nombre des moulins successifs et, par suite, des passages que subira le grain entre les cylindres broyeurs, est de 6 ou 8 ; et, comme on ne cherche pas à produire beaucoup de farine, comme les fragments déjà suffisamment fins n'ont pas besoin de repasser entre les cylindres suivants qu'ils ne feraient qu'encombrer inutilement, et où ils pourraient s'échauffer en perdant de leur qualité boulangère, on fait passer, entre deux broyages consécutifs, la marchandise en voie de mouture, dans des bluteries qui séparent d'un côté les parties fines, mélange, de farine et de fragments d'amande plus ou moins volumineux, et, d'autre part, les parties grossières, enveloppes encore chargées d'albumen ; ces parties grossières seules subissent l'action des broyeurs suivants.

Un moulin à cylindres offrira donc une série de broyeurs et une série de bluteries, chacune de ces dernières étant supposée intercalée entre deux broyeurs consécutifs ; et le grain

devra traverser la série complète de ces appareils allant d'un broyeur à une bluterie, puis de cette bluterie au broyeur suivant. La boulange, qui dans le travail des meules était formée par la marchandise sortant du moulin, est ici composée par la somme des produits récoltés par toutes les bluteries intercalaires. Faisons tout de suite remarquer qu'il faut exclure de cette boulange les produits fournis par la première et par la dernière bluterie : le premier broyage du blé se fait dans des appareils qui ont seulement pour but de fendre le grain selon son sillon, et de mettre en liberté les poussières qui, malgré tous les efforts faits pendant le nettoyage, subsistent encore logées dans le fond de ce sillon ; ces poussières, mélangées à un peu de farine, donnent un produit de coloration foncée, extrait par la première bluterie, et qui, désigné sous le nom de farine noire, est éliminé des produits alimentaires. Le dernier broyage, qui se fait sur des sons presque entièrement privés déjà de toute parcelle farineuse, donne, lui aussi, des produits colorés, que la dernière bluterie sépare sous forme de farine bise, et qui, eux non plus, ne sont pas mélangés à la boulange, fournie par les bluteries intermédaires.

Tous les moulins qui servent à effectuer les différents broyages sont semblables entre eux ; les différences consistent seulement dans l'écartement variable des cylindres, et dans la plus ou moins grande finesse des cannelures creusées à la surface de ces cylindres.

Ce qui précède suffit pour faire comprendre que le travail par cylindres présente une complication beaucoup plus grande que le travail par meules ; mais tout se passe mécaniquement, avec une dépense moindre de force et de main-d'œuvre, et avec un rendement final en farine blanche plus élevé.

LES CYLINDRES DE BROYAGE

Le métal dont sont faits les cylindres broyeurs doit présenter un certain nombre de qualités ; il doit avoir une ténacité suffisante pour que les cannelures ne sautent pas pendant le travail ; il ne doit pas cependant être trop dur, sans quoi on

ne pourrait pas rayonner sa surface et entretenir ensuite les cannelures une fois faites. La matière qui a donné les résultats les plus satisfaisants est la fonte durcie, cette fonte que l'on obtient en coulant de la fonte ordinaire grise dans un moule métallique. Par suite du refroidissement rapide qui se produit au contact de la paroi du moule, il se fait une couche de fonte blanche de 20 à 25 millimètres d'épaisseur; on ne durcit de cette façon que la couche externe du cylindre ; toute la partie interne est coulée sur sable ou sur glaise; elle reste faite par conséquent de fonte ordinaire, et se travaille par suite facilement. Il n'y a pas de délimitation entre la fonte grise et la fonte blanche; dans les pièces bien réussies, au contraire, le passage entre la couche blanche superficielle et la couche grise interne doit se faire d'une manière insensible. Les usines qui fabriquent les cylindres pour la meunerie ont pour cela une formule qu'elles tiennent secrète ; nous avons été longtemps tributaires de l'étranger; maintenant nos manufactures nationales peuvent fournir nos moulins des cylindres qui leur sont nécessaires.

Le moule employé pour fondre les cylindres de meunerie sera donc composé de deux parties : une enveloppe extérieure en fonte, cylindrique, suivant l'axe de laquelle on ménage un noyau en sable ; le vide ainsi réservé sera plus tard occupé par l'arbre du cylindre. Le moule étant placé verticalement, on y coule la fonte, en ayant soin de couler suffisamment de métal pour qu'il y ait au-dessus du cylindre proprement dit un bloc d'ajoutage de fortes dimensions. Cette précaution est nécessaire pour que le métal se tasse bien et ne contienne pas de pores. La partie inférieure du cylindre est pressée par la fonte qui se trouve au-dessus; mais le bloc supplémentaire est nécessaire pour presser suffisamment la partie supérieure du cylindre ; en outre, toutes les impuretés, toutes les matières légères contenues dans la fonte en fusion viennent se loger dans le bloc d'ajoutage, et seront enlevées avec lui. On laisse ensuite le cylindre refroidir dans son moule ; on le sépare enfin, ce qui se fait très facilement, car le cylindre se contracte pendant le refroidissement. Le moule de fonte peut servir à plusieurs coulées; le noyau de sable doit, au contraire, être renouvelé

chaque fois. La longueur des cylindres varie de 30 centimètres à 1 mètre ; autrefois on se servait surtout de cylindres courts ; aujourd'hui on employe des cylindres plus longs, de $0^m,60$ à $0^m,70$; on en construit même qui dépassent 1 mètre et qui ont $1^m,25$ et $1^m,50$. Les cylindres longs étaient peu recherchés, car on craignait de les voir fléchir pendant le travail ; aujourd'hui que la fabrication s'est perfectionnée, cette crainte a disparu, mais les cylindres trop longs sont incommodes : ils permettent bien de réaliser une économie de place, mais le maniement de la machine devient difficile. Le diamètre des cylindres varie de $0^m,18$ à $0^m,25$; la taille la plus courante est de $0^m,22$. Le cylindre brut, sorti du moule, est débarrassé du bloc venu de fonte avec lui, puis on le fixe sur un tour pour le dégrossir ; on détermine sur les deux faces verticales du cylindre deux trous légèrement coniques dans lesquels on introduit à force, au moyen de la presse hydraulique, l'arbre qui supportera le cylindre. Cet arbre n'est maintenu dans le cylindre que sur les faces verticales de celui-ci ; l'intérieur du cylindre forme une chambre creuse d'un diamètre bien supérieur à celui de l'arbre; cette disposition, qui est adoptée pour faciliter la mise en place de l'arbre, est réalisée en donnant au noyau de sable, qui occupe l'âme du moule de coulage, une dimension convenable. Le cylindre, muni de son arbre, est remis sur le tour; on donne à l'arbre son calibre définitif ; on conserve au diamètre du cylindre 2 à 3 millimètres de plus que sa longueur véritable. Pour achever ce travail préparatoire, il faut encore polir la surface pour la rendre absolument lisse. On fait usage d'une machine spéciale : le cylindre est monté sur un chariot qui est animé d'un mouvement de déplacement, pendant que le cylindre reçoit lui-même un mouvement de rotation; parallèlement à l'axe du cylindre est monté un arbre sur lequel tourne une meule d'émeri avec une grande rapidité, en venant effleurer la surface du cylindre.

Ce dernier doit être pendant l'opération arrosé abondamment avec de l'eau, et il faut bien prendre garde que la surface travaillée reste très exactement cylindrique.

On fait parfois usage de cylindres d'acier, obtenus par la

fusion d'un mélange de fer forgé et de fonte ordinaire (acier Martin ou Martin-Siemens).

Le cylindre, ayant été préparé comme nous venons de le voir, est prêt à être creusé de cannelures.

Ces cannelures se présentent sous forme de sillons tracés dans le cylindre, parallèlement les uns aux autres, mais inclinés sur la génératrice du cylindre et faisant avec elle un angle de 15 à 20 degrés. Le nombre des cannelures varie, comme nous avons dit, depuis le premier broyeur jusqu'au dernier; dans le travail ordinaire, les cannelures les plus grosses, celles qui devront commencer la mouture, ont une largeur de 2 millimètres; puis cette largeur diminue progressivement pour n'être plus que de 1 millimètre sur les cylindres de queue de batterie. On désigne la finesse des cannelures, en indiquant le nombre des cannelures que l'on pourrait placer sur un cylindre-type de $0^m,22$ de diamètre, quelle que soit la taille du cylindre considéré ; les cannelures ayant les dimensions précédentes représenteraient les numéros 350 et 700.

Le profil adopté pour les cannelures est variable d'une maison de construction à une autre. Tantôt la face tranchante de la cannelure est dirigée suivant un plan contenant le rayon du cylindre; tantôt elle est disposée suivant un plan tangent à un cercle concentrique au cercle de section du cylindre, mais de rayon moindre. Cette dernière construction est surtout adoptée pour la mouture du seigle. En général, pour le travail du blé, les deux plans qui délimitent la cannelure se rencontrent en faisant un angle sensiblement droit. Toutes les cannelures tracées sur un même cylindre sont identiques entre elles, quelle que soit leur finesse ; les deux plans, qui délimitent les saillies comprises entre deux creux successifs, sont inégaux : l'un, le plus grand, qui est le grand pan ou le revers de la cannelure, est deux à trois fois plus grand que l'autre qui est le petit pan ou le tranchant. Les deux cylindres d'un même moulin sont rayonnés dans la même direction, et les cannelures font le même angle avec la génératrice du cylindre ; de sorte que, en travail, les deux cylindres tournant en sens inverse l'un de l'autre, les cannelures se croiseront, faisant entre elles un angle de 30 degrés, si l'inclinaison sur la

génératrice choisie pendant le cannelage a été de 15 degrés. Enfin, il faut encore remarquer que les cannelures se présenteront à la ligne de tangence des deux cylindres en sens inverse l'une de l'autre; si l'un des cylindres tourne de façon que son tranchant se présente le premier au point de passage, l'autre cylindre, qui tourne en sens inverse du premier, offrira d'abord son revers.

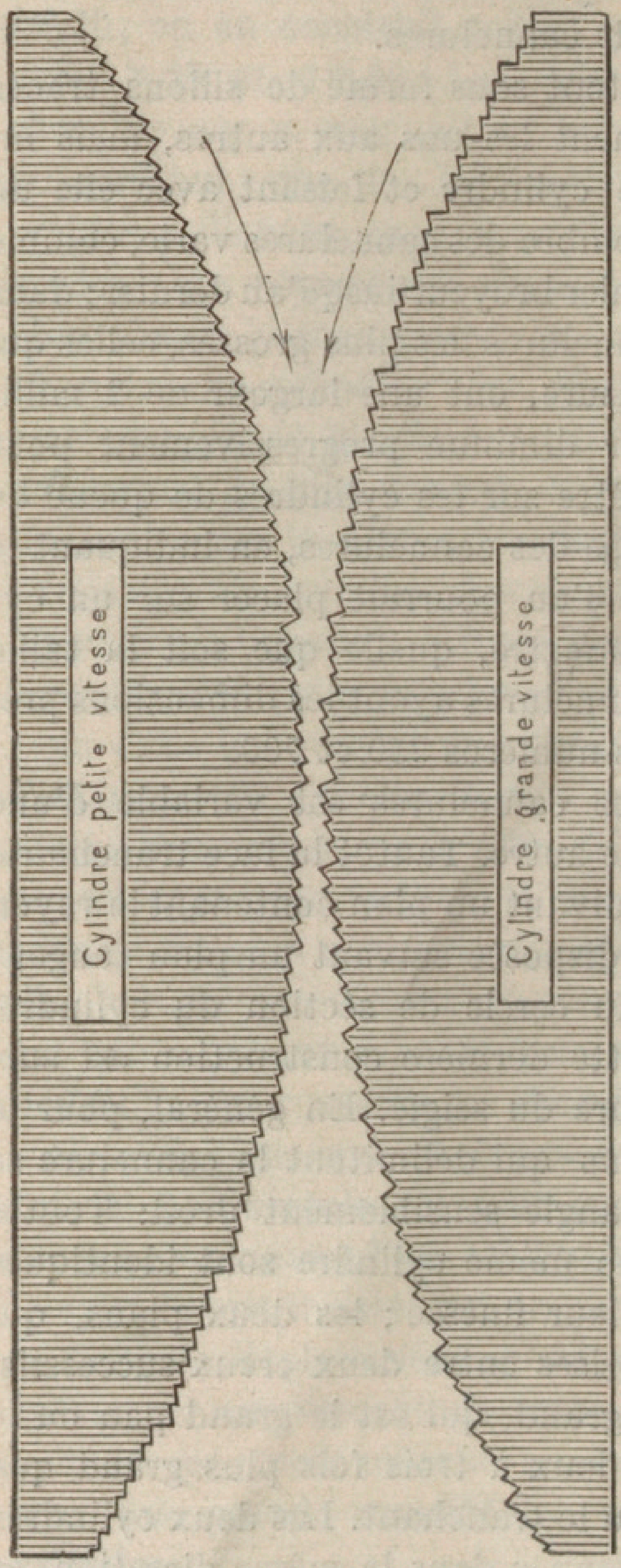


Fig. 55. — Cannelure système Frank Beall.

La maison Teisset, Chapron et Brault construit également un autre système de cannelure, imaginé par Frank Beall (fig. 55). Dans ce système, les cannelures portées par un même cylindre ne sont plus identiques entre elles ; on remarque sur les cylindres, travaillés d'après ce système, des groupes de quatre, six ou huit cannelures ordinaires, séparées par une cannelure plus profonde.

Les cannelures sont creusées dans les cylindres à l'aide de machines spéciales dites canneleuses (fig. 56). Le cylindre est monté sur un chariot qui avance le long d'un bâti; en même temps le cylindre tourne lui-même de la quantité convenable pour que la cannelure ait l'inclinaison voulue. Le

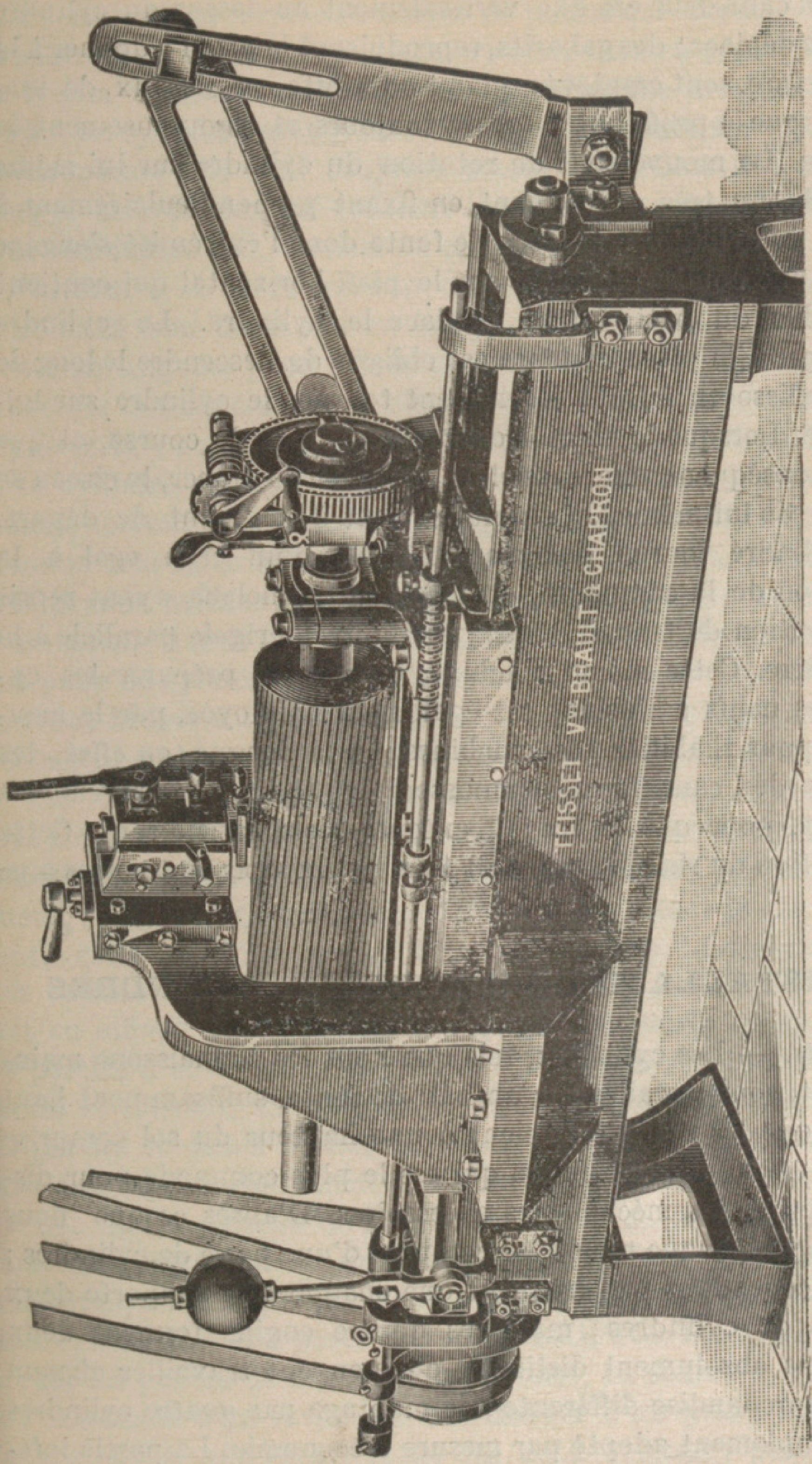


Fig. 56. — Machine automatique à canneler les cylindres.

ciseau canneleur est fixé verticalement au-dessus du cylindre qui se déplace ; des gabarits, reproduisant le profil à donner à la cannelure, sont employés quand on affute ces ciseaux, de manière que le profil obtenu reste toujours et rigoureusement le même. Le mouvement de rotation du cylindre sur lui-même est obtenu très simplement en fixant perpendiculairement à l'axe du cylindre une pièce de fonte dont l'extrémité s'engage dans une coulisse inclinée sur le plan horizontal qui contient la table du bâti, où se déplace le cylindre. Le cylindre avançant, la pièce de fonte est obligée de descendre le long de la coulisse en faisant légèrement tourner le cylindre sur lui-même. Lorsque le chariot est arrivé à bout de course, et que par conséquent une cannelure est finie de tracer, le ciseau se relève de lui-même, le chariot revient à son point de départ, le cylindre tourne automatiquement d'un cran égal à la division de la cannelure, et, le ciseau canneleur, ayant repris sa position de travail, creuse une nouvelle rigole parallèle à la première. Cette même machine, qui sert à préparer les cylindres neufs à l'usine, est également employée, par le meunier, pour rhabiller ses machines ; à la longue, en effet, les arêtes des cannelures s'émoussent, et il faut à nouveau les aviver, pour que le travail exécuté reste satisfaisant. Cette opération du rhabillage se fait tous les six mois ou tous les ans.

INSTALLATION DU MOULIN A CYLINDRES

Bâti. — Les cylindres, tels que nous les connaissons maintenant, sont installés sur un bâti de fonte, suffisamment haut pour que les cylindres soient à une hauteur du sol comprise entre $0^{m},80$ et 1 mètre, ce qui est le plus commode pour disposer tous les mécanismes accessoires. D'après ce que nous avons vu, chaque moulin se compose d'une paire de cylindres ; il est cependant très fréquent que chaque bâti supporte deux paires de cylindres ; mais ces quatre engins forment deux moulins absolument distincts, qui peuvent travailler chacun une marchandise différente ; ce montage par quatre cylindres est simplement adopté par mesure d'économie. La partie infé-

rieure du bâti est fermée au moyen de portes qui empêchent la poussière de s'envoler dans l'atmosphère, tout en permettant au besoin d'examiner l'état de la marchandise moulue. Sur le bâti, les cylindres sont réunis de façon différente suivant les constructeurs ; ils sont toujours placés parallèlement l'un à l'autre, mais le plan qui contient les axes des deux cylindres, peut être horizontal, vertical ou oblique.

Paliers. — L'arbre qui supporte le cylindre repose à ses extrémités dans deux paliers. Ces paliers doivent être de construction soignée, pour éviter une élévation de température exagérée ; la température d'échauffement ne doit pas, en effet, dépasser 40° ; au-dessous de cette limite, le frottement diminue et le cylindre consomme moins de force. Les coussinets des paliers doivent être suffisamment longs, parce qu'ils ont une pression très forte à supporter, et qu'il faut la répartir sur la plus grande surface possible. D'après Kick, pour couper un grain de blé, il faut une force croissante de 0 à 9 kilogrammes : une paire de cylindres de $0^m,22$ de diamètre sur $0^m,50$ de long. pouvant broyer à la fois 135 grains (à raison de 27 grains par décimètre de longueur, soit 27×5), la force à développer sera de $135 \times 9 = 1\,215$ kilogrammes. D'après Fischer, on obtient plus simplement la pression exercée par les cylindres sur leurs tourillons, en multipliant le diamètre du cylindre par sa longueur, le tout étant exprimé en centimètres ; dans le cas présent, cette pression serait $22 \times 50 = 1\,100$ kilogrammes. Les coussinets seront faits en métal de choix, soit en laiton, soit en alliage de Kirchweger : 9 parties et demie de cuivre, 13 parties d'antimoine, 59 parties d'étain pur ; le tout étant fondu et refroidi, on en prend 27 parties que l'on fond avec 29 parties et demie d'étain pur. Les coussinets doivent enfin être toujours parfaitement graissés ; on préfère aujourd'hui comme matière grasse de l'huile liquide, et surtout de l'huile minérale ; cette matière grasse étant placée dans un graisseur automatique. Les paliers dans lesquels tourne l'un des cylindres sont établis à poste fixe sur le bâti, avec lequel ils font corps ; les paliers de l'autre cylindre sont, au contraire, placés à l'extrémité d'un levier, mobile autour d'un point fixe : il faut, en effet, que l'écartement des deux cylindres puisse se

modifier suivant la grosseur de la marchandise que le moulin doit débiter; il faut, en outre, que le cylindre à paliers mobiles puisse s'écarter de lui-même, si un corps dur, une pierre ou un débris métallique vient à être malencontreusement mélangé avec les grains.

Commande et vitesse de rotation. — Le mouvement de rotation des cylindres est assuré au moyen d'une transmission par courroie; le cylindre, monté sur les paliers fixes, porte à l'une de ses extrémités une poulie, commandée par une courroie; la vitesse de rotation de ce cylindre ainsi commandé varie suivant les dimensions du cylindre; elle diminue à mesure que le cylindre augmente; un cylindre de $0^m,30$ de long et de $0^m,18$ de diamètre tournera avec une vitesse de 350 tours à la minute, et un cylindre de $0^m,60$ sur $0^m,22$ avec une vitesse de 300 tours. Comme la vitesse de la courroie est faible, il faut lui donner une grande largeur : la poulie commandant le cylindre de notre premier exemple aura un diamètre de 350 millimètres et une largeur de 100 millimètres ; la poulie du second aura 475 sur 120. Le cylindre qui porte la poulie de commande est seul commandé directement : il transmet lui-même le mouvement au second cylindre, au moyen d'un engrenage, placé à l'extrémité opposée à celle où se trouve la poulie. Cet engrenage est composé de deux roues portant un nombre inégal de dents : la roue calée sur le cylindre commandé est plus petite que la roue calée sur le second cylindre, supporté par les paliers mobiles. Il résulte de cette disposition que les deux cylindres tournent avec des vitesses différentes : le cylindre commandé directement tourne en faisant le même nombre de tours que la poulie de commande, c'est le cylindre rapide ; le second cylindre tourne avec une vitesse plus réduite, c'est le cylindre lent. Le rapport entre les diamètres des deux roues d'engrenage est calculé de telle façon que le cylindre rapide tourne de 2,5 à 3 fois plus vite que le cylindre lent.

L'engrenage qui relie les deux cylindres doit être entouré d'un chapeau, lequel servira en même temps de réservoir pour l'huile de graissage : lorsque les dents de l'engrenage plongent, à la partie inférieure de leur course, dans un bain d'huile, l'usure et le frottement se trouvent considérablement diminués.

La maison Seck applique au graissage des engrenages de ses appareils un autre système qui amène l'huile, au point même d'engrènement des dents (fig. 57). C'est un procédé de graissage à bague : l'une des roues supporte une bague de diamètre plus grand que le sien, l'engrenage étant pourvu d'une gorge pour recevoir et guider cette bague. La boîte de l'engrenage contient une faible quantité d'huile, juste suffisante pour que la bague puisse y plonger d'un centimètre. Lentement entraînée par le mouvement de l'engrenage, la bague tourne en emportant à sa surface de l'huile, qui est déversée à l'endroit même où les dents se rejoignent.

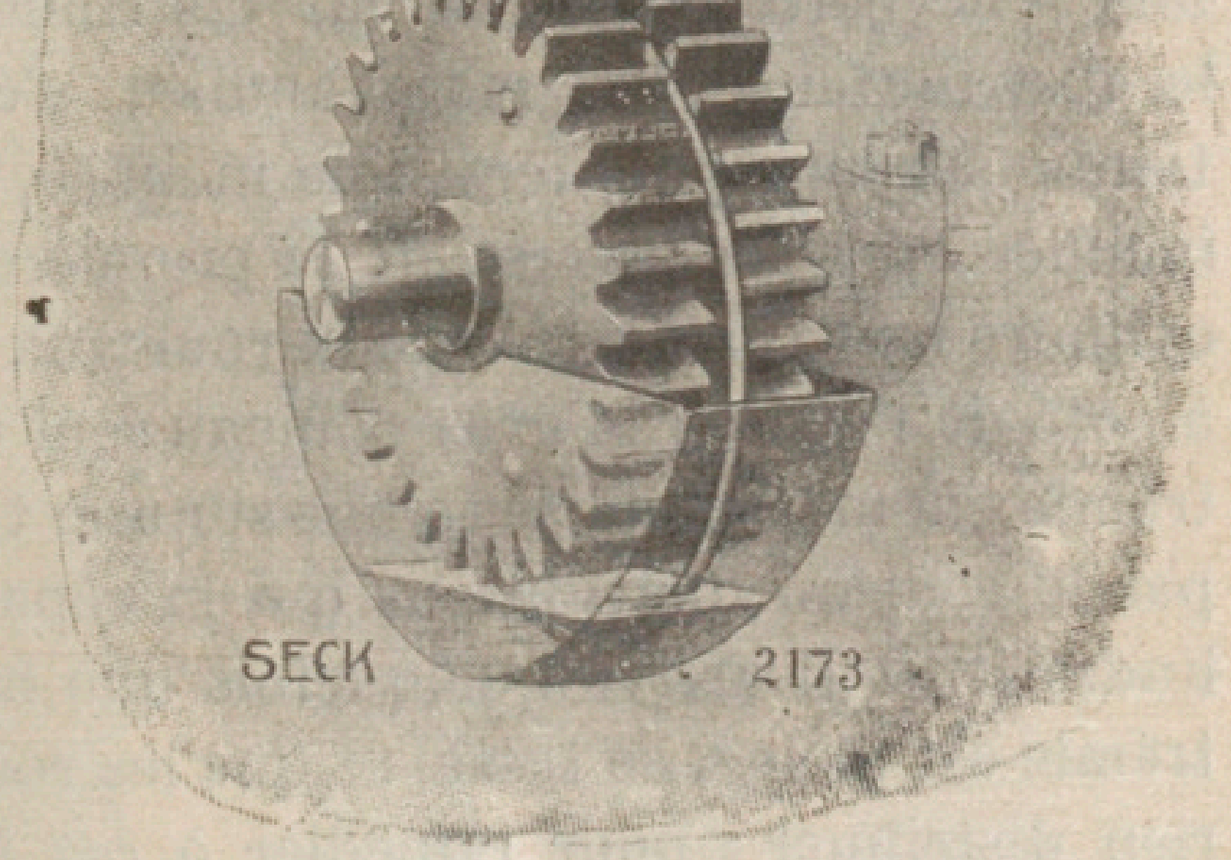


Fig. 57. — Graissage d'engrenage.

La commande par engrenages est de beaucoup la plus employée, mais on trouve également des appareils où la commande se fait par courroie ; la courroie qui entraîne le cylindre lent peut être, comme précédemment, commandée par le cylindre rapide ; elle peut être également entraînée par la transmission principale.

Nous venons de voir que la vitesse différentielle des deux cylindres était obtenue en faisant tourner des cylindres de même diamètre avec des vitesses inégales ; on peut obtenir le même résultat, comme le fait la maison Robinson, en employant des cylindres à diamètres inégaux et marchant tous deux à la même vitesse.

Alimentation. — A la partie supérieure du bâti est placée la trémie qui contient les produits à moudre, et ces produits sont conduits aux cylindres par un dispositif d'alimentation. Ce mécanisme est composé de deux rouleaux distributeurs, établis tout le long de la trémie et parallèlement aux cylindres broyeurs ; ces rouleaux portent des cannelures dont la profondeur varie suivant la marchandise qu'il s'agit de distribuer. La vitesse de rotation du distributeur doit être calculée de telle sorte que les produits à moudre arrivent sur le cylindre lent avec une vitesse au plus égale à la vitesse de ce cylindre même, pour qu'il ne puisse pas se produire d'engorgement. Le mécanisme de distribution est commandé par une poulie et une courroie, qui est entraînée par le cylindre lent. Les deux rouleaux de distribution ont parfois le même diamètre ; parfois aussi le rouleau qui est placé en arrière a un diamètre supérieur à celui du rouleau placé en avant. Le gros rouleau puise la marchandise dans la trémie, c'est le rouleau alimenteur ; le petit cylindre la distribue aux broyeurs, c'est le distributeur. La marchandise, s'échappant du rouleau, tombe sur une première tôle inclinée, puis sur une seconde, inclinée en sens inverse de la première, et glisse ainsi sur le cylindre lent. Parfois les deux rouleaux ne sont pas placés l'un à côté de l'autre ; le gros rouleau seul est placé au fond de la trémie; la marchandise tombe sur une tôle inclinée, est reprise par le rouleau distributeur qui la répartit aussitôt sur le cylindre lent. Il arrive quelquefois que la marchandise, dont la trémie est pleine, se tasse, et que les rouleaux ne puissent plus rien distribuer ; pour remédier à cet inconvénient, on place dans la trémie un agitateur, le mouveron, constitué par un petit tambour, commandé par le distributeur, et dont la surface porte des palettes formant une vis sans fin à filets contrariés et interrompus; dans ces conditions, la marchandise, sans cesse transportée de gauche à droite et de droite à gauche, coule facilement sur les rouleaux de distribution. Enfin, l'écoulement de la trémie est réglé au moyen d'un tiroir dont on modifie la position au moyen de deux crémaillières.

Mode d'action des cylindres. — Les grains, entiers ou déjà attaqués, qui sortent de la trémie d'alimentation se pré-

sentent donc entre les deux cylindres (fig. 58), tournant en sens inverse l'un de l'autre, avec des vitesses différentes, et disposés de telle sorte que les saillies du cylindre rapide

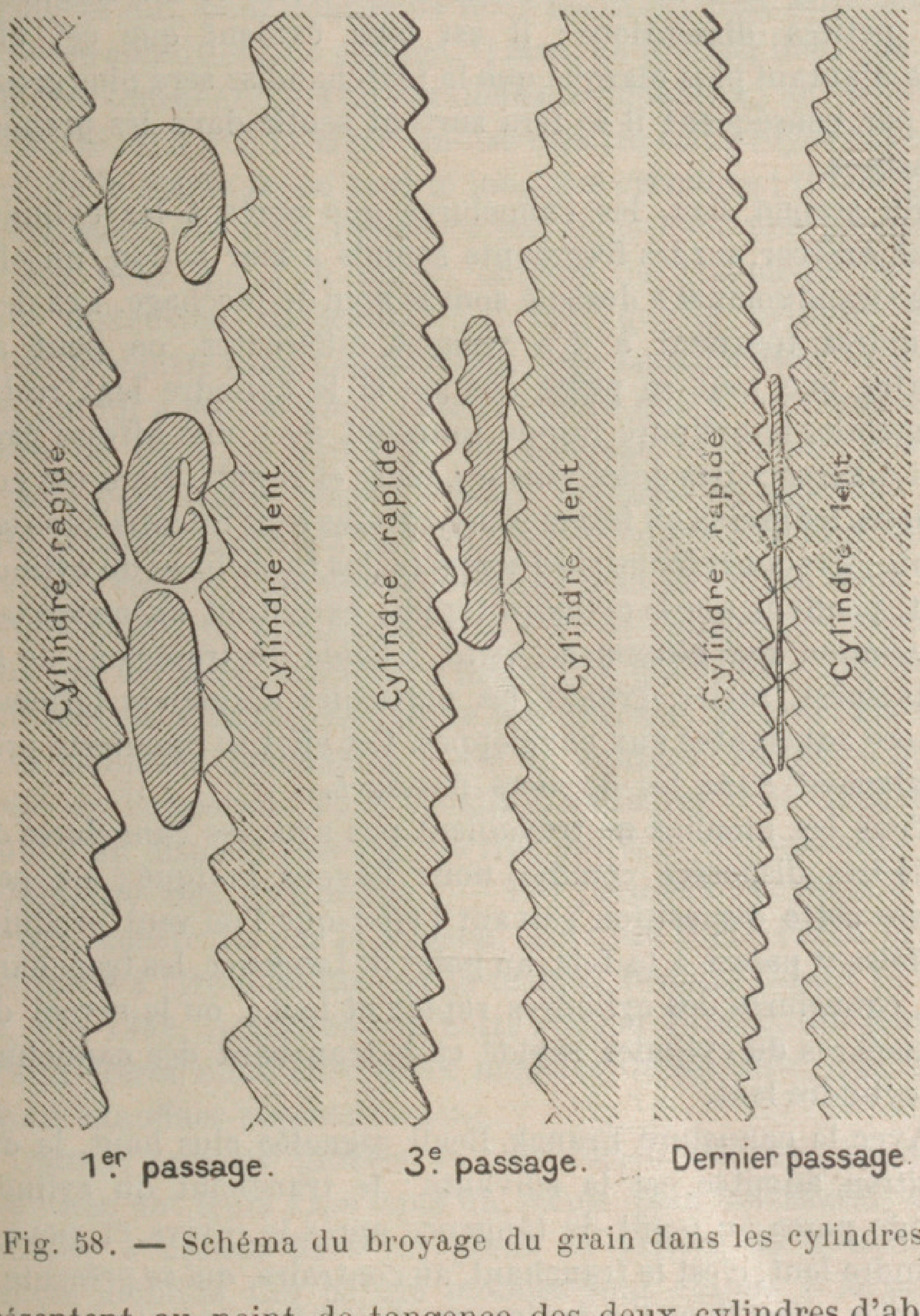


Fig. 58. — Schéma du broyage du grain dans les cylindres.

présentent au point de tangence des deux cylindres d'abord leur petit pan ou tranchant, pendant que les saillies du cylindre lent font passer au même point leur revers ou grand pan. Quel sera l'effet produit par ce dispositif? Tout d'abord la marchandise, qui tombe entre les deux cylindres, se trouve

engagée dans un espace de plus en plus restreint ; maintenue entre les deux cylindres, elle subit un effet de compression, sous l'effort duquel les amandes farineuses, ou les fragments d'amande, éclatent en donnant de la farine et des fragments de petites dimensions ; il est bien évident que cet effet sera d'autant plus marqué que la marchandise sera plus grosse, et par conséquent il se fera surtout sentir dans les premiers passages.

En second lieu, les cannelures que portent les cylindres vont exercer, sur les fragments soumis à leur action, un effet que Grandvoinnet a désigné sous le nom de piochage. Les deux cylindres tournant à des vitesses différentes, on peut admettre que tout se passe comme si le cylindre lent restait immobile, le cylindre rapide tournant avec une vitesse égale à la différence des deux vitesses, lente et rapide. Dans ces conditions, les grains ou fragments de grains sont ralentis dans leur chute ; ils sont retenus sur les revers des cannelures du cylindre lent, pendant que le cylindre rapide, exécutant un *mouvement de rotation avec glissement*, vient, à l'aide du tranchant de ses cannelures, racler, gratter les particules d'amande farineuse encore adhérentes aux enveloppes. Cet effet se manifeste principalement dans les derniers passages.

Tous les moulins ne travaillent pas avec les cannelures des cylindres disposées comme nous l'avons indiqué ; on peut varier cette disposition suivant l'effet que l'on veut produire, en faisant passer à la fois, au point de tangence, les tranchants des cannelures des cylindres rapide et lent ; ou le revers des cannelures du cylindre rapide et le tranchant des cannelures du cylindre lent.

Avec la cannelure Franck Beall, signalée plus haut, la disposition adoptée est la suivante : le tranchant du cylindre rapide passe au point de tangence après le revers, et, pour le cylindre lent, c'est le tranchant, au contraire, qui se présente le premier ; c'est donc l'ordre inverse de l'ordre général ; en outre, les cannelures ne s'entrecroisent pas, comme dans les moulins ordinaires. Dans ces conditions, on voit que cette cannelure agit uniquement par compression, et pas du tout par râpage. Ce mode de cannelure est donc plus particulièrement à sa place

pour les deux premiers passages, là où justement l'effet de compression se fait plus particulièrement sentir.

On voit donc que le broyeur à cylindres est un appareil très délicat, et qui, pour donner de bons résultats, doit satisfaire à plusieurs conditions de réglage. Il faut, en premier lieu, que les cylindres tournent dans un parallélisme rigoureux l'un vis-à-vis de l'autre, afin que la marchandise débitée soit broyée exactement de la même façon tout le long des cylindres ; il faut que l'écartement des deux cylindres soit réglé avec une précision absolue pour que l'on puisse obtenir des fragments broyés d'une dimension déterminée ; il faut que le cylindre lent s'appuye contre le cylindre rapide, mais sans dépasser la position qui lui a été assignée; il faut encore que, si un corps dur, pierre ou clou, se présente au broyage, le cylindre mobile s'écarte pour laisser passer le corps étranger et reprenne ensuite automatiquement sa position première ; il faut enfin que, si la trémie d'alimentation vient à se vider, les deux cylindres s'écartent immédiatement l'un de l'autre, car, surtout dans les derniers passages, l'intervalle qui sépare ces deux cylindres est si faible que, toute marchandise absente, les surfaces cannelées pourraient venir au contact, au grand dommage de l'appareil. Tout moulin à cylindres doit donc être muni d'un dispositif de réglage très précis et très efficace.

Réglage des cylindres. — Les premiers broyeurs à cylindres, construits par la maison Ganz, de Buda-Pesth, n'ont pas tardé à être modifiés par la maison Brault, Teisset et Gillet, dès 1882. Actuellement, cette maison Teisset, Chapron et Brault frères nous offre deux modèles de moulins, que nous allons examiner successivement.

Dans le premier modèle, le plus ancien (fig. 59), les deux cylindres ont leurs axes dans un même plan horizontal, et le cylindre à paliers fixes est placé en arrière du cylindre à paliers mobiles. Ces paliers mobiles sont établis à la partie supérieure d'un long balancier, mobile autour d'une cheville d'acier, placée en dessous du palier, le second bras du balancier se prolongeant vers la partie inférieure du bâti. Vers la partie médiane et inférieure de ce dernier, est établi un arbre parallèle aux cylindres, qui est l'arbre de réglage, et qui se

présente en coupe sur la figure. Les deux extrémités de cet arbre se terminent par deux petits axes excentriques; sur ces axes sont montées deux tiges, dites bielles de réglage, et qui, disposées horizontalement, perpendiculairement à l'arbre de réglage, réunissent ce dernier à l'extrémité inférieure du balancier, porte-cylindre. Ces bielles de réglage traversent librement l'extrémité du balancier, et se terminent à leur extrémité libre par un volant, muni d'un contre-écrou. Sur la bielle de réglage, entre le balancier et l'arbre de réglage, est monté

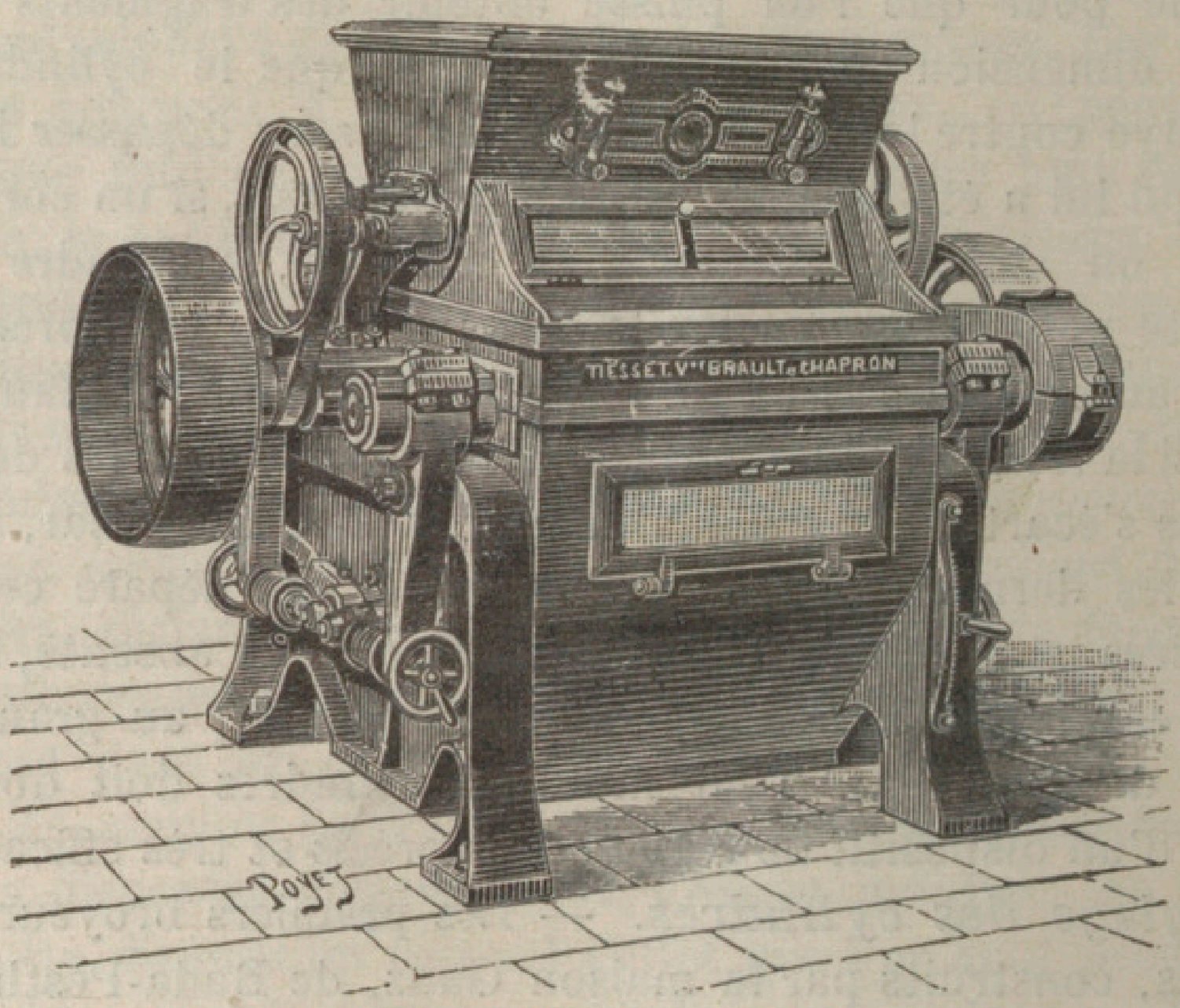


Fig. 59. — Broyeur à cylindres.

un puissant ressort à boudin qui appuye contre le balancier d'une part et d'autre part contre un écrou fixe. On conçoit donc que, si on vient à agir sur les deux volants qui terminent les bielles de réglage, on comprime plus ou moins les ressorts à boudin, on diminue ou on augmente la longueur des bielles de réglage, et on peut, par suite, assurer le parallélisme rigoureux des deux cylindres. On s'assure que ce résultat est obtenu en prélevant de la marchandise moulue aux deux extrémités du moulin, et en constatant au toucher que la grosseur des fragments est bien uniforme. Le parallélisme une fois réglé, on peut approcher ou écarter les cylindres l'un de l'autre,

sans changer leur orientation, en faisant tourner sur lui-même, au moyen d'un levier maintenu par un collier, l'arbre de réglage. Ce dernier, en tournant, entraîne avec lui ses deux extrémités excentriques qui commandent la bielle de réglage,

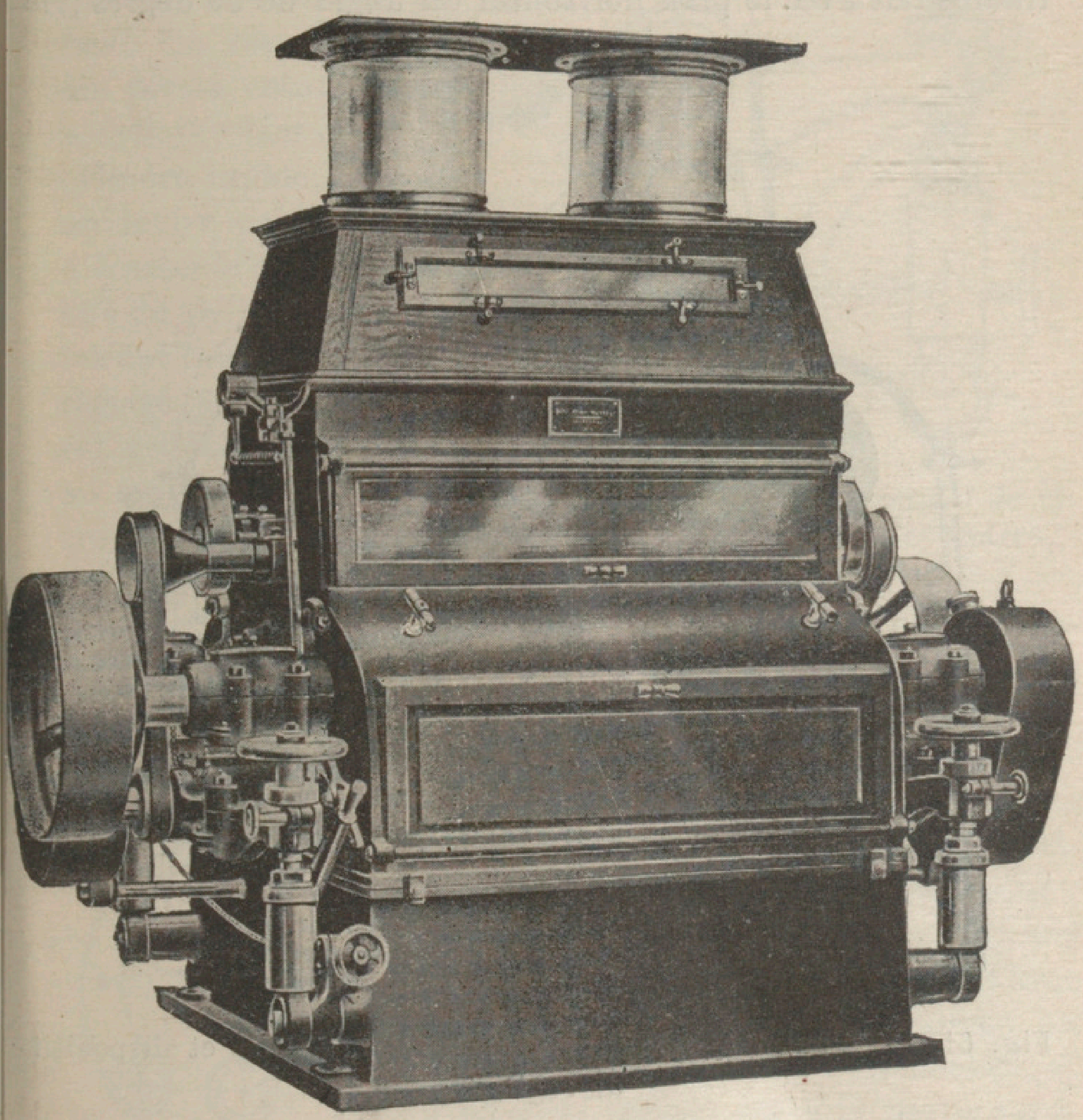


Fig. 60. — Moulin à cylindres « Diagonal ».

et le balancier oscille encore, autour de son point fixe, dans la direction voulue et de la quantité convenable. On voit, en outre, que le ressort à boudin fait appuyer constamment le cylindre mobile sur le cylindre fixe, qu'il lui permet en même temps de s'écarter pour laisser passer un corps dur, et qu'enfin il le ramène automatiquement à la position fixée par le meu-

nier. La maison Rose construit également des moulins dont les cylindres sont accouplés dans un plan horizontal.

Dans le nouveau moulin « Diagonal » (fig. 60 et 61) de la maison Teisset, le plan contenant les axes des deux cylindres fait avec le plan horizontal un angle de 50 degrés ; le

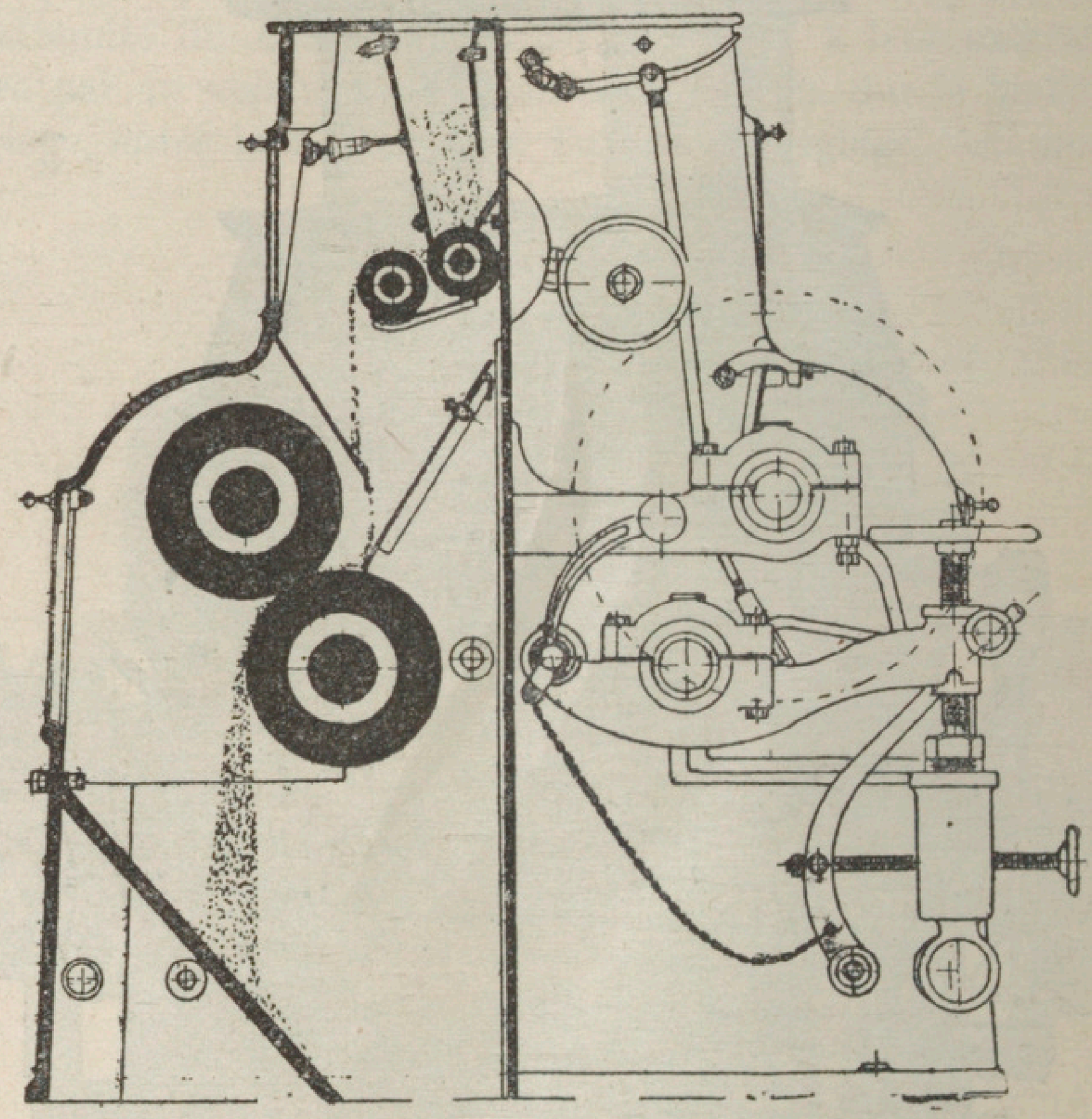


Fig. 61. — Moulin à cylindres « Diagonal ». Coupe et dispositif de réglage.

cylindre rapide et fixe est placé à la partie supérieure, et en avant du bâti. Le réglage des deux cylindres se fait toujours d'une façon analogue, mais la position des différents organes se trouve modifiée. L'arbre de réglage est toujours à la partie inférieure de l'appareil ; mais les bielles de réglage sont maintenant verticales (fig. 62) pour venir rejoindre le bras du balancier, porte-cylindres, lequel balancier est horizontal. En tournant les volants placés à la partie supérieure des bielles

de réglage, on fait monter ou descendre le balancier, réglant ainsi le parallélisme des deux cylindres. Ce résultat obtenu la position du balancier est rendue immuable, grâce à une vis de serrage. Un ressort à boudin presse constamment le cylindre lent contre le cylindre rapide, et enfin un levier coudé permet d'écarter le cylindre mobile du cylindre fixe, en faisant tourner l'arbre de réglage (fig. 63). Ce levier est articulé sur l'arbre au moyen d'une vis micrométrique ; cette vis est elle-même commandée par un volant, et un tour de volant produit un déplacement de 1/20 de millimètre dans la position du cylindre mobile.

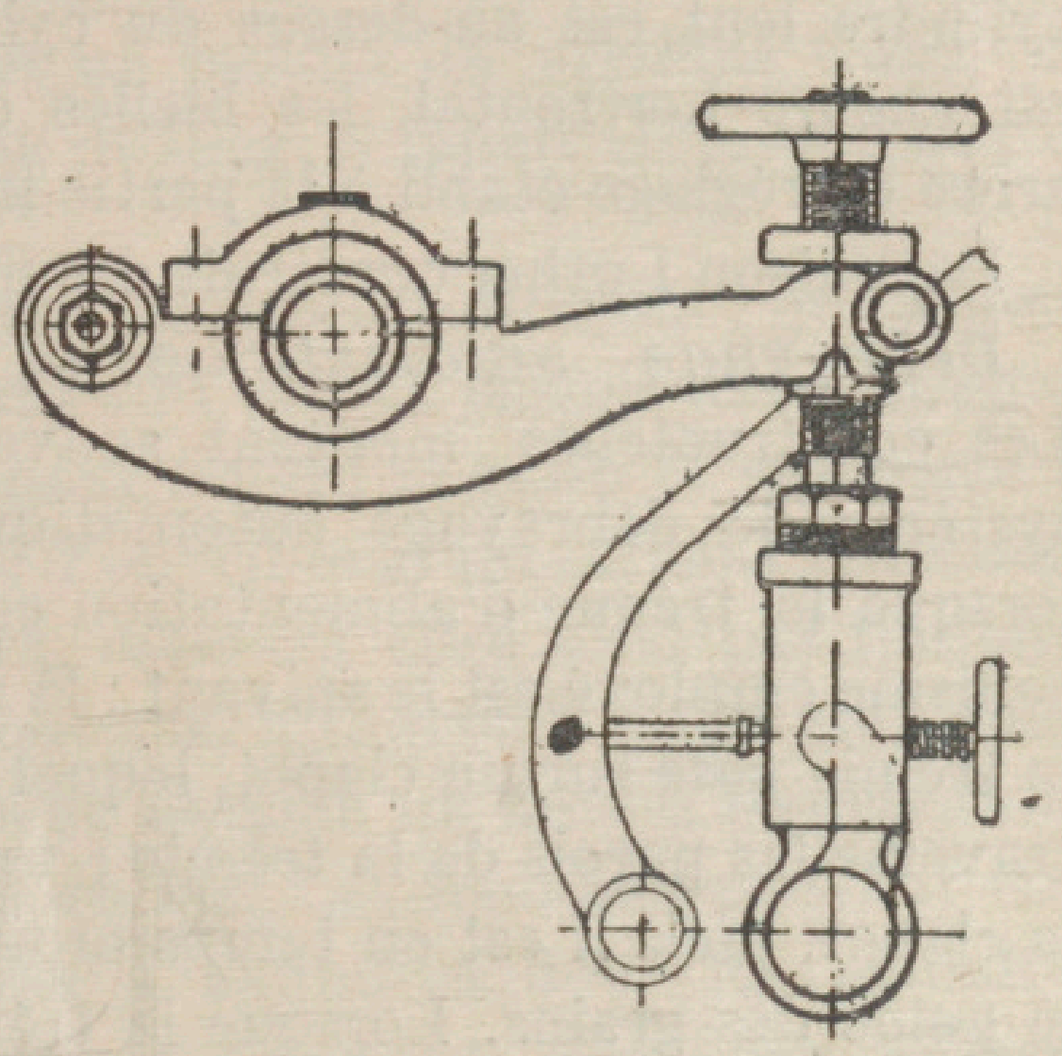


Fig. 62. — Détail du dispositif de réglage du parallélisme des cylindres.

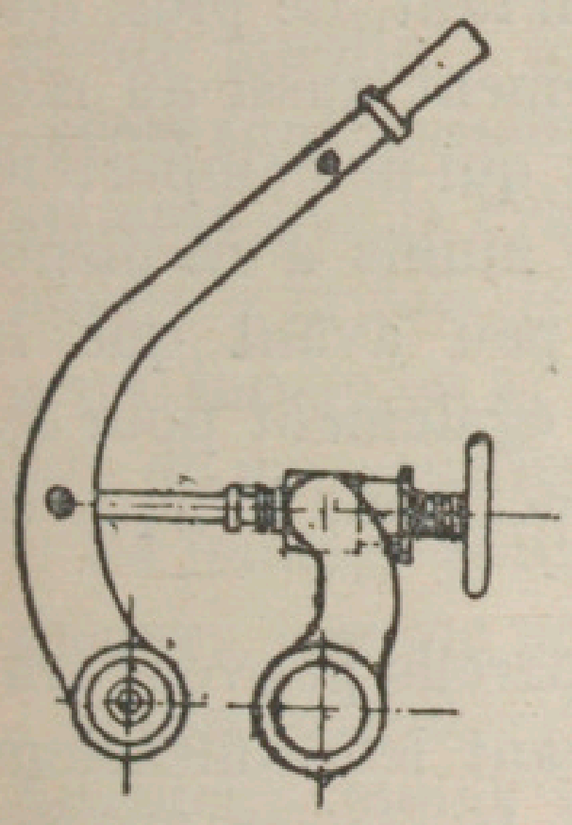


Fig. 63, — Détail du dispositif pour régler la position du cylindre mobile.

Dans les broyeurs de la maison Daverio, la position des deux cylindres est la même que précédemment, oblique avec cylindre rapide supérieur ; mais les paliers mobiles sont fixés sur un balancier vertical, dont le grand bras se relève au-dessus des cylindres ; les bielles de réglage sont horizontales, et l'arbre de réglage est à la partie supérieure du bâti, au-dessus des cylindres.

La maison Bülher place les deux cylindres l'un au-dessus de l'autre, le cylindre rapide au-dessus du cylindre lent. Le balancier qui supporte le cylindre mobile est horizontal et les bielles de réglage sont verticales ; l'arbre de réglage étant placé vers la partie supérieure.

La maison Seck a adopté la disposition inverse : les deux cylindres sont encore placés l'un au-dessus de l'autre, mais le cylindre lent est au-dessus du cylindre rapide. Le balancier est encore horizontal, les bielles de réglage verticales, avec arbre de réglage établi à la partie inférieure.

La maison Luther construit des moulins à plan diagonal, etc.

Débrayage automatique et sonnette d'alarme. — Les constructeurs montent souvent sur leurs appareils un système de débrayage automatique qui écarte les cylindres lorsque la trémie d'alimentation est vide. Le principe du mécanisme employé est le suivant : la marchandise contenue dans la trémie pèse sur un clapet, lequel est monté sur un arbre qui traverse les parois de la trémie ; un contrepoids tend à élever le clapet, mais il est en temps ordinaire maintenu abaissé par le poids des grains. Lorsque la trémie se vide, le contrepoids fait basculer le clapet et l'arbre de ce dernier en tournant met en jeu un mécanisme de leviers qui a pour effet d'écarter le cylindre mobile du cylindre fixe. Le même résultat peut être obtenu en agissant à la main sur une poignée convenablement disposée, de sorte qu'on peut débrayer les cylindres, en pleine marche, sans toucher à la courroie; il faut, de plus, que l'alimentation des cylindres s'arrête également aussi au moment où se fait le débrayage. Les moulins qui ne comportent pas le débrayage automatique doivent être munis d'un dispositif qui fait entendre une sonnerie, un peu avant que la trémie ne soit vide ; cette sonnerie existe également pour les moulins à débrayage automatique : elle fonctionne lorsque ce dernier se produit.

Débit. — La quantité de blé que ces appareils peuvent travailler à l'heure varie naturellement suivant les dimensions des cylindres; pour son moulin « diagonal », la maison Teisset donne les indications suivantes :

Cylindres de	$0^m,30 \times 0^m,10$....	800 à 900	kilogrammes.
—	$0^m,40 \times 0^m,22$....	1.000 à 1.200	—
—	$0^m,60 \times 0^m,22$....	1.800 à 1.900	—
—	$1^m,00 \times 0^m,22$....	2.500 à 2.800	—
—	$0^m,80 \times 0^m,25$....	2.500 à 2.800	—
—	$1^m,25 \times 0^m,25$,...	3.500 à 4.000	—

La force nécessaire pour mouvoir un moulin est d'autant plus grande que le diamètre est lui-même plus grand, la nappe de marchandise travaillée augmentant. Grandvoinnet a trouvé que, pour faire fonctionner un moulin du système Ganz, de $0^m,22$ de diamètre et $0^m,50$ de long, il fallait trois chevaux et demi.

Fendeurs. — Le premier passage du broyage, qui a pour but l'extraction de la farine noire, se fait parfois dans un moulin spécialement combiné pour fendre le grain et qui porte le nom de fendeur. L'idéal est d'ouvrir le grain suivant son sillon, pour séparer les deux lobes, mais cet effet n'est pas toujours réalisé; il ne faut pas, en tout cas, attaquer le grain trop énergiquement, il faut seulement obtenir un déchet représentant de 1 à 1,5 p. 100 du poids du blé. Les fendeurs peuvent être constitués par des moulins à cylindres dont les cylindres portant de grosses cannelures tournent avec des vitesses très différentes; on place un gros cylindre tournant vite en face d'un petit cylindre, tournant lentement. Le fendeur Seck comprend ainsi deux cylindres : un rapide tournant très vite et portant de grosses cannelures, un lent à vitesse très faible et à surface lisse. On place parfois trois cylindres sur le même moulin : le cylindre du milieu est lisse, et les deux autres sont cannelés; le grain retenu sur le cylindre lisse est attaqué par le cylindre cannelé. On peut, dans ces appareils, fendre à la fois deux catégories de grain, ce qui est avantageux, lorsqu'on a, à la fin du nettoyage, calibré le blé en deux lots de grosseur inégale.

Le fendage peut également se faire au moyen de broyeurs à disques, comme nous allons le voir tout à l'heure.

Ventilation. — Le blé, dans les cylindres, étant travaillé beaucoup moins longtemps que dans les meules, l'échauffement est ici beaucoup moins redoutable, et la ventilation n'a plus besoin d'être aussi énergique ; elle est surtout utile, quand on force le débit des appareils et quand leurs cannelures sont émoussées. On admet qu'un moulin à cylindres de $0^m,60 \times 0^m,30$ a besoin par minute de 10 mètres cubes d'air, sous une dépression de 60 millimètres d'eau. Dans les moulins à quatre cylindres que nous avons décrits, il y a dans le bâti une place

suffisante pour que le filtre soit installé directement au-dessous des cylindres. Le filtre est encore constitué par un tissu de flanelle, replié de manière à former des plis pour augmenter la surface filtrante. Ce filtre est suspendu à un cadre de bois qui est lui-même recouvert par un couvercle en dos d'âne ; on forme ainsi une chambre close, à l'intérieur de laquelle débouche le tuyau de l'aspirateur. Au moyen d'une tige à poignée, on secoue la flanelle de temps à autre, pour faire tomber la poussière adhérente.

Dans les moulins à deux cylindres seulement, ou le bâti est plus réduit, le filtre est placé dans une caisse séparée, placée d'ordinaire au-dessous du plancher, et communiquant par un tuyau avec la partie inférieure du moulin.

Enfin, on peut refroidir les cylindres, sans avoir recours à la ventilation, en faisant passer à l'intérieur des cylindres un courant d'eau froide, selon le dispositif inventé par la maison Rose.

BROYEURS DIVERS

Les deux appareils les plus généralement employés pour le broyage du blé, sont les meules et les cylindres; on trouve cependant un certain nombre d'autres machines qui peuvent être utilisées pour faire le même travail, soit seules, soit en même temps que les cylindres, permettant alors de diminuer leur nombre.

Citons tout d'abord la *meule blutante de M. Aubin*, qui permet de séparer les produits moulus des produits encore grossiers. Ce moulin est formé de deux meules de pierre, placées à la manière ordinaire ; mais la meule dormante est creusée d'ouvertures, en secteurs circulaires, occupant l'entrepied et la feuillère ; ces ouvertures sont garnies de toile métallique, animées de secousses continuelles. Le produit du tamisage tombe sur un plateau ; un ramasseur récolte la farine et la fait tomber dans un conduit. Cette disposition permet de rafraîchir la mouture, mais diminue considérablement la surface de travail, les meules n'étant plus guère actives que dans la région du boîtard.

Signalons, en second lieu, le moulin à *meules métalliques blutantes*, dans lesquelles le broyage se fait d'après le même principe que le travail aux cylindres, les parties fines étant éliminées au fur et à mesure de leur production. Les deux meules qui constituent le moulin sont encore disposées horizontalement, avec un axe vertical. Chaque meule est constituée par une succession de cercles d'acier, concentriques, de rayons croissants, chaque cercle ayant environ une largeur de 4 centimètres. La surface de ces cercles est taillée de rainures, faciles à raviver à l'aide d'une lime. Sur la meule dormante, l'espace annulaire compris entre deux cercles consécutifs est garni de toile métallique blutante : les grains allant du centre à la périphérie, la mouture se fait donc graduellement, et seules les parties encore grossières passent d'un cercle au cercle suivant.

M. Schweizer construisit successivement deux modèles de moulins à meules métalliques. Dans le premier, le broyage était obtenu en faisant passer successivement le blé dans six moulins, dont les deux meules horizontales tournaient chacune, en sens inverse l'une de l'autre, avec des vitesses de 120 et de 180 tours. Ces meules portaient une couronne d'acier rayonnée à la façon des meules de pierre. Dans le second modèle, le broyage est obtenu par un seul passage entre deux meules horizontales, la meule inférieure seule tournant, et avec une vitesse de 180 à 200 tours. Les deux meules portent à leur périphérie une couronne cannelée finement, dont la largeur représente seulement 2/5 du rayon de la meule.

Granulateur Rose. — Cet appareil (fig. 64) peut remplacer le broyeur à cylindres, le traitement des semoules et gruaux restant le même dans les deux cas. Le granulateur est formé par deux meules placées verticalement, autour d'un axe horizontal. L'une des meules est fixe, l'autre tourne avec une vitesse de 290 à 500 tours par minute. Chaque meule ou plutôt chaque plateau est légèrement conique, et porte à sa périphérie une couronne métallique rayonnée, faite de segments interchangeables. Le grain arrive au centre du plateau fixe; des canaux le répartissent sur la surface travaillante. Le plateau fixe est monté sur le fond de la caisse qui enveloppe tout l'appareil

et ce fond peut être écarté ou rapproché du plateau mobile, ce qui permet de régler la finesse des produits moulus. Cette partie mobile est maintenue au moyen de trois tiges filetées horizontales, terminées par trois roues dentées, sur lesquelles passe une même chaîne sans fin ; de cette manière, si l'on vient à actionner, au moyen d'un volant, l'une des tiges filetées, le plateau se déplace parallèlement à lui-même, le mouvement de la première tige se communiquant aux deux autres. Enfin ces tiges supportent des ressorts à boudin, qui permettent aux deux plateaux de s'écarter l'un de l'autre, lorsqu'un corps dur se présente, mélangé aux produits à broyer, et de reprendre ensuite leur position première.

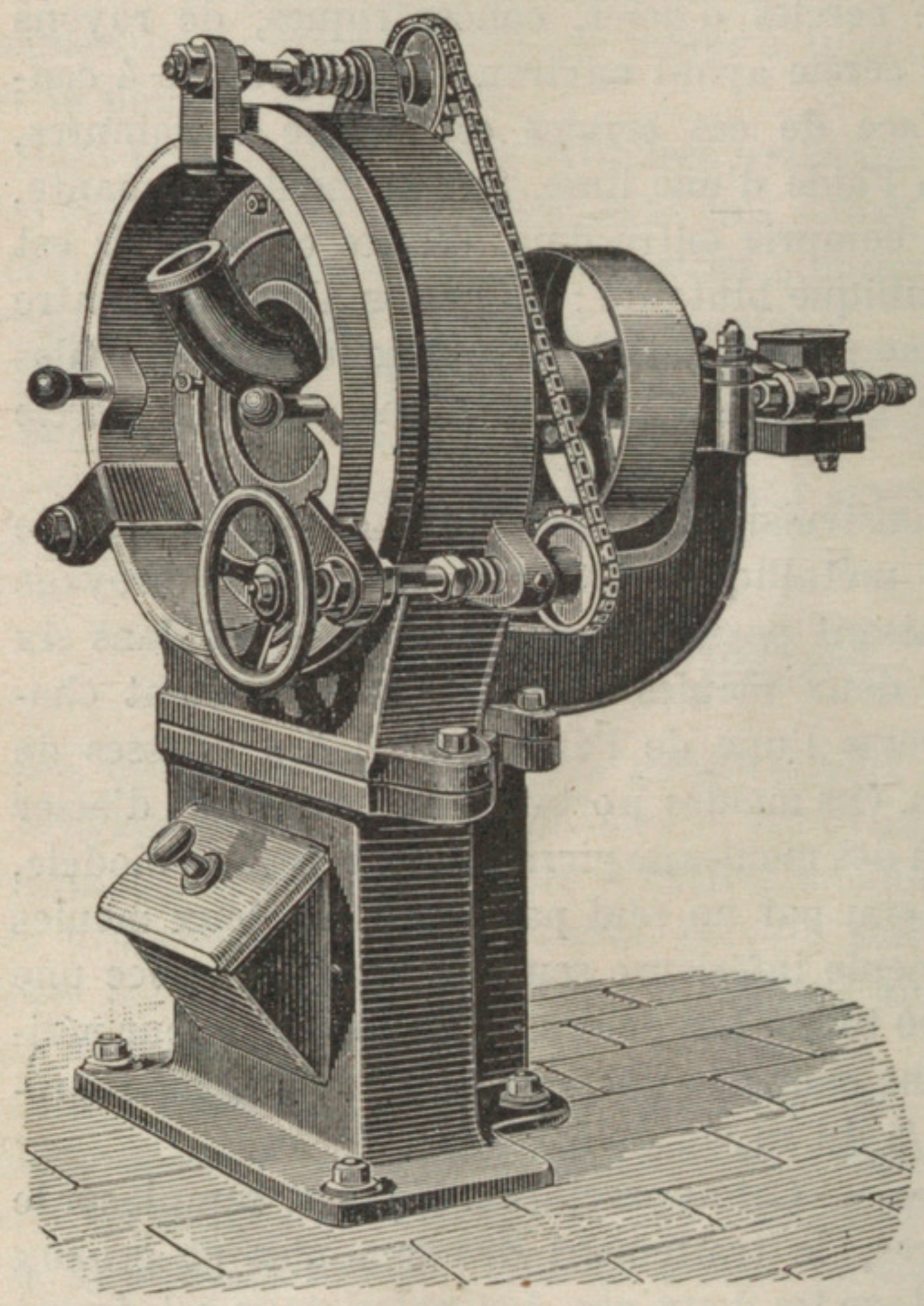


Fig. 64. — Granulateur Rose.

Ce même appareil, sous le nom de fendeur-dégermeur, est souvent employé pour effectuer le premier passage de broyage et enlever la farine noire; on peut donc considérer le fendeur comme un appareil complémentaire du nettoyage. Quand la machine fonctionne comme broyeur, on l'alimente avec du grain préalablement fendu et dégermé.

D'autres appareils sont enfin basés sur l'emploi de la force centrifuge ; le grain, projeté avec violence contre une surface métallique, éclate ; l'amande fragile se segmente en gruaux, tandis que l'enveloppe plus résistante reste non attaquée.

On a tout d'abord appliqué au broyage du blé le principe du broyeur Carr. Dans l'appareil de *M. Touffin*, le grain est projeté entre deux plateaux tournant autour d'un axe horizontal, mais en sens inverse l'un de l'autre, avec une grande vitesse de 1 200 tours à la minute. Ces plateaux sont munis d'un grand nombre de broches, disposées en quinconce, de manière à s'intercaler les unes entre les autres. La marchandise arrive au centre d'un des plateaux, et sort par la périphérie, après avoir subi de nombreux chocs sur les broches d'acier ; on réalise de cette manière une mouture basse. Des plateaux d'un mètre de diamètre donnent 46 p. 100 de farine, 20 p. 100 de gruaux et du son. L'usure des broches est rapide et la farine peut contenir des poussières métalliques.

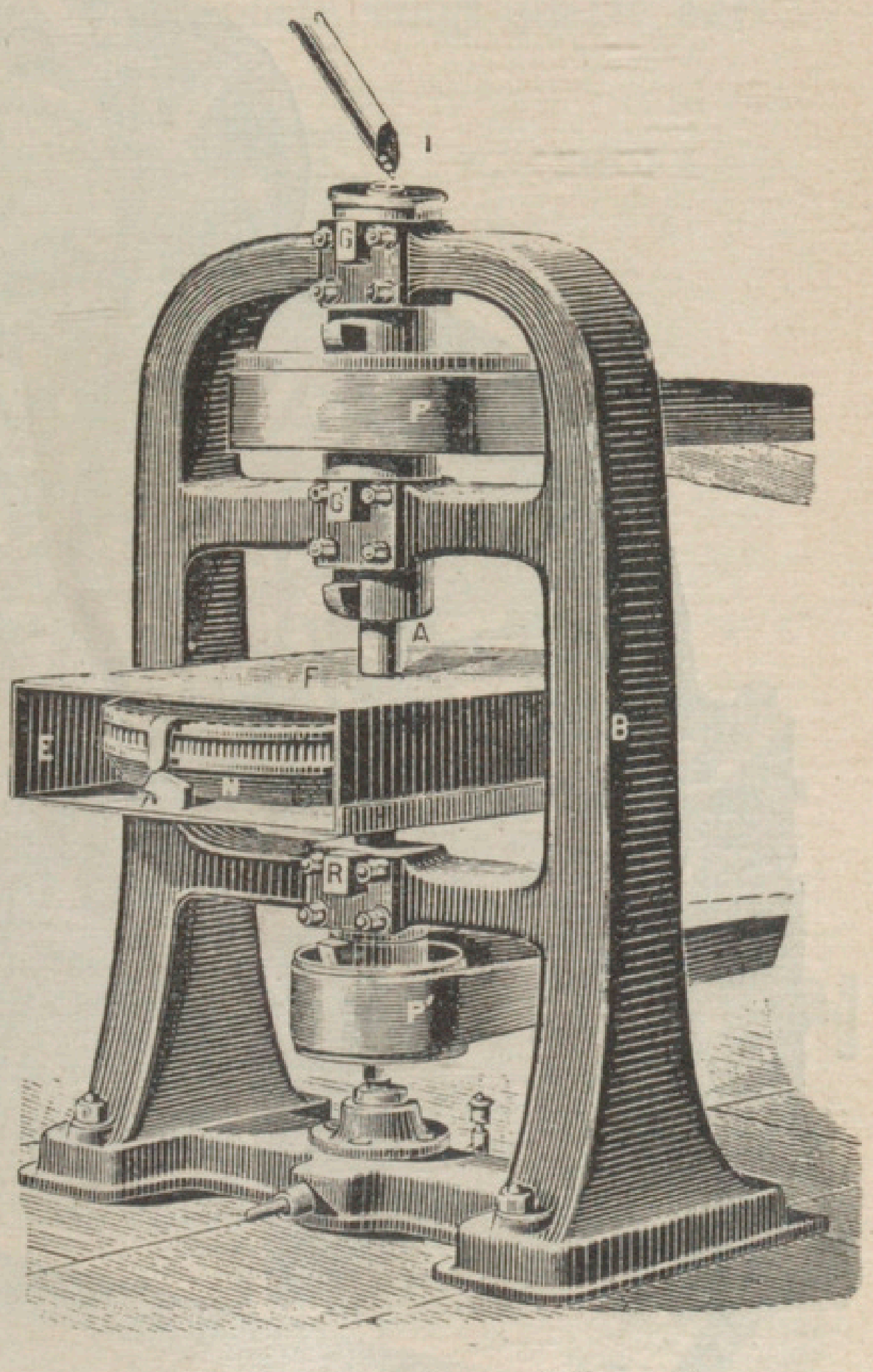


Fig. 65. — Broyeur Hignette.

Le *broyeur Hignette* (fig. 65) comporte des plateaux horizontaux, en forme de troncs de cône très surbaissés, et portant des rangées de broches concentriques, les broches du plateau supérieur s'intercalant entre les broches du plateau inférieur. Ces plateaux tournent avec des vitesses différentes : 300 tours

pour le plateau supérieur, 200 tours pour le plateau inférieur. Chacun des deux plateaux est commandé directement ; le plateau inférieur est monté sur un arbre plein ; le plateau supérieur sur un arbre creux, par lequel arrive le

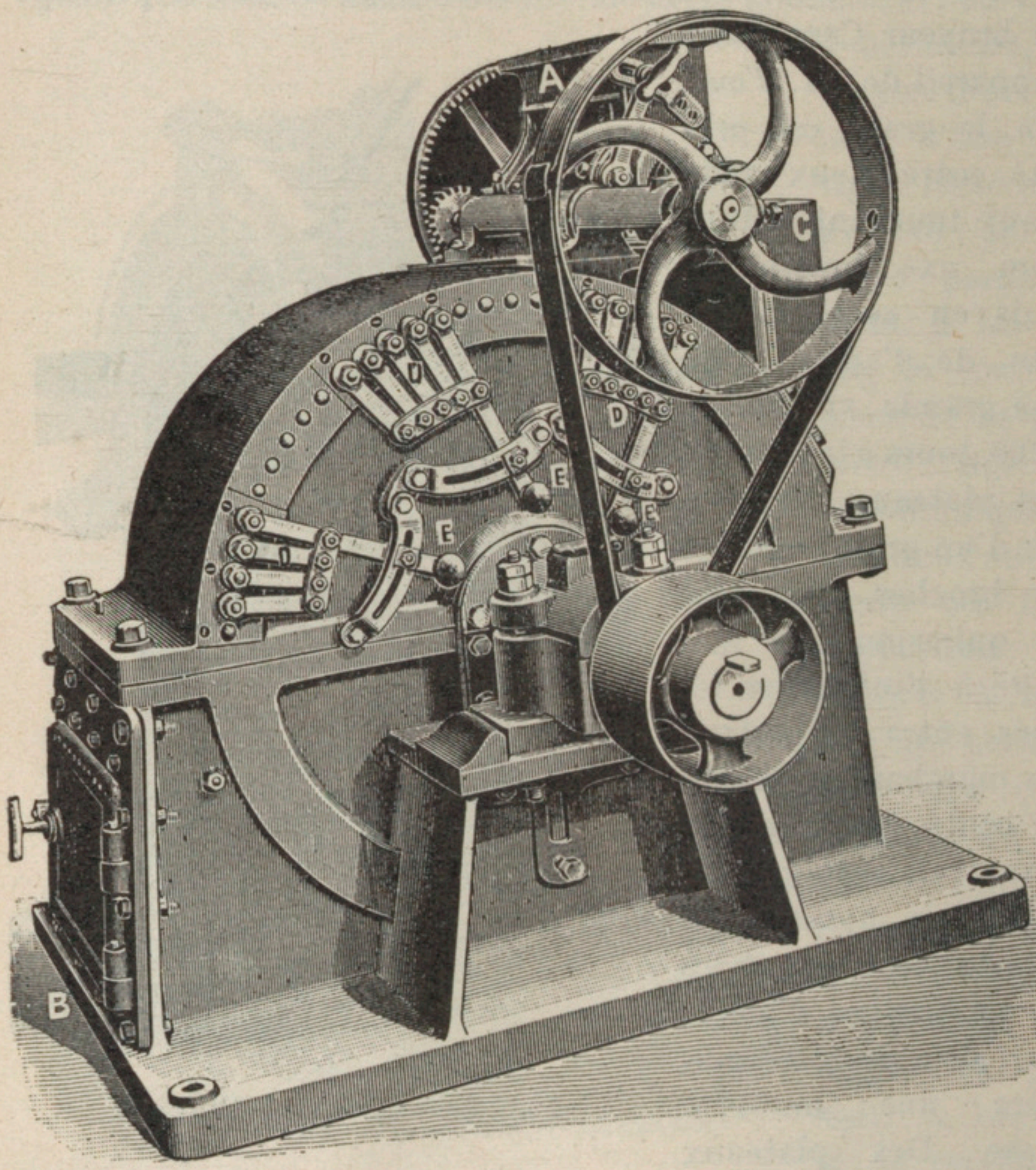


Fig. 66. — Broyeur Record.

grain à moudre. La boulange s'échappe par la périphérie : elle contient peu de farine, 18 p. 100 ; elle est surtout formée de gruaux blancs, à peu près tous de même dimension. La force nécessaire pour broyer 100 kilogrammes de blé avec cet appareil est de quatre à cinq chevaux.

Enfin, pour terminer ce sujet, disons quelques mots du

broyeur Record (fig. 66 et 67) (système Rose frères), qui met, en application pour le blé, le principe du broyeur Carter. L'appareil comprend un tambour de fonte durcie, portant des dents sur tout son pourtour, et tournant autour d'un arbre horizontal. Ce tambour est enveloppé dans une caisse, d'un diamètre un peu supérieur à celui du tambour même. La face interne de la caisse porte vingt-quatre bar-

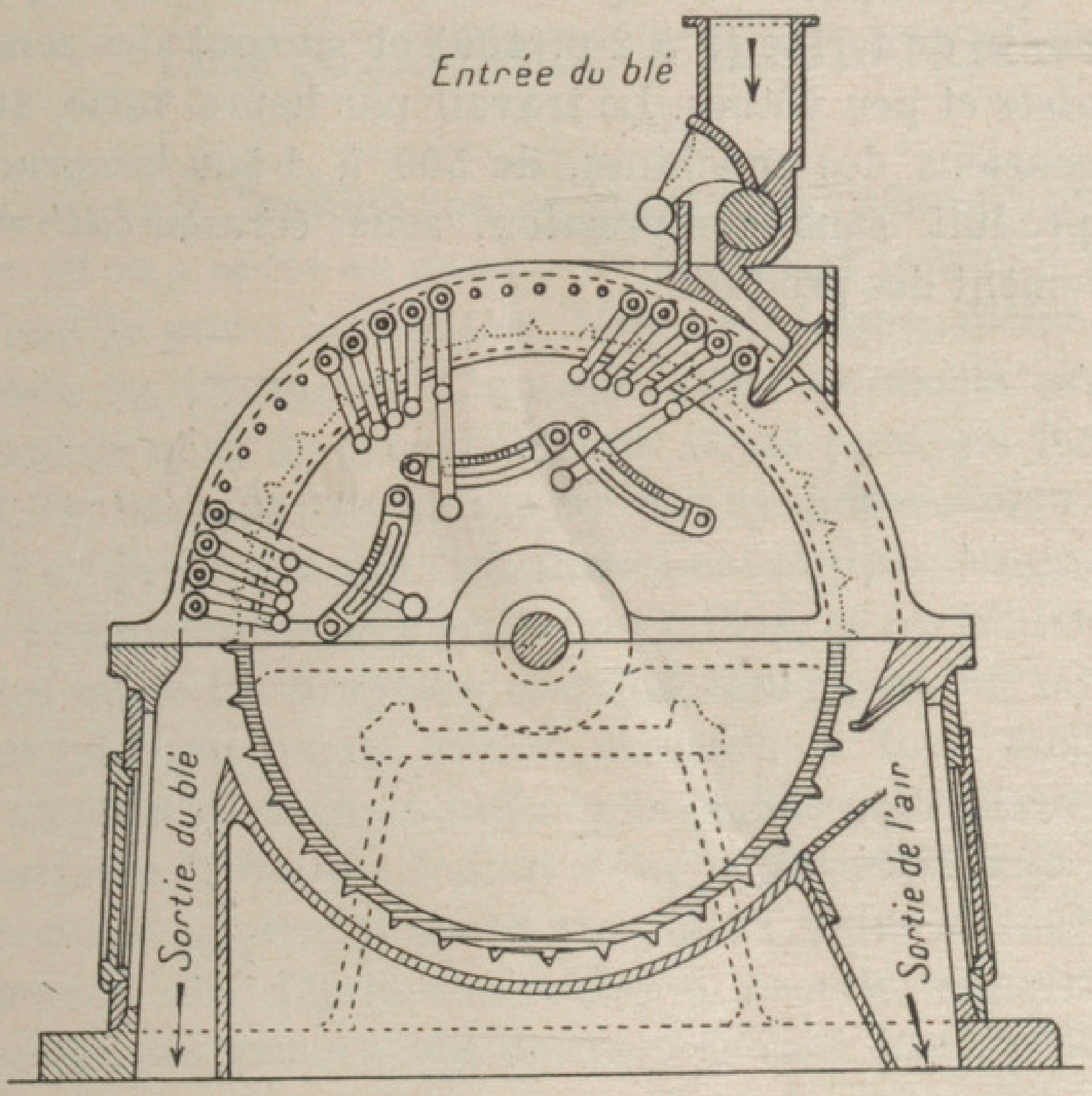


Fig. 67. — Broyeur Record (Coupe).

rettes d'acier, aussi longues que la caisse est large et disposées suivant les génératrices de cette dernière. Ces barrettes sont assemblées en cinq séries, quatre de cinq barrettes et une de quatre. Ces barrettes sont tourillonnées sur la caisse et articulées extérieurement à la caisse, à une bielle ; il y a une bielle distincte pour chaque série, et chaque bielle est commandée par un levier, mobile sur un cadran. Trois de ces leviers sont disposés sur une face de l'appareil, et les deux autres sur la face opposée. En manœuvrant les leviers, on

incline plus ou moins les barrettes, et on fait par suite varier l'espace qui les sépare des dents du tambour mobile ; ce dernier tourne avec une vitesse de 1 000 tours à la minute ; la commande se fait au moyen d'une poulie et d'une courroie. Le blé est travaillé entre les barrettes fixes et les dents mobiles du tambour, sur un peu moins de la moitié de la périphérie de l'appareil. L'emploi de cette machine permet de supprimer trois ou quatre paires de cylindres ; on obtient une quantité insignifiante de farine (1 à 2 p. 100) et surtout des semoules, très grosses et peu vêtues. Le travail par heure varie, suivant les dimensions des machines, de 500 à 1 500 kilogrammes ; il est produit sans compression, sans écrasement et sans échauffement des produits.

CHAPITRE V

LES BLUTERIES A BOULANGE

Le broyage terminé, on se trouve en présence de la boulange. Si on a opéré au moyen des meules de pierre, la boulange contient le grain tout entier, réduit en farine, mélangée à un nombre de fragments d'amande plus ou moins grands qui portent le nom de gruaux et aux enveloppes qui forment les sons. Le broyage fait au moyen des cylindres donne une boulange un peu différente : les grosses enveloppes, les gros sons ne sont pas mélangés aux produits moulus, et les bluteries interposées entre les broyeurs donnent seulement un mélange de farine, de gruaux de tailles diverses, le tout mélangé aux fragments d'enveloppes suffisamment fins pour passer à travers les surfaces filtrantes. Il faut donc maintenant voir comment le meunier pourra, d'abord séparer la farine et les fragments d'amande des débris d'enveloppes, ensuite séparer la farine terminée des gruaux, ces derniers devant être classés en plusieurs lots, suivant leur grosseur, pour subir séparément la suite des opérations. Tout ce travail se fait au moyen d'un appareil unique, mais approprié à chacun des cas particuliers qu'il s'agit de résoudre : cet appareil, c'est la bluterie.

Le classement des produits moulus se faisait au début très simplement au moyen de tamis, manœuvrés à la main. Puis le tamis devint mécanique, vers le XVIIe siècle ; au XVIIIe, on vit apparaître le bluteau frappant, ou bluteau de laine, constitué par une manche en étamine, nom du tissu de laine employé, ayant $0^{m},30$ de diamètre et 2 mètres de long, et installée à l'intérieur d'une huche, dans une position inclinée de 10° sur l'horizon. Cette manche était maintenue tendue au moyen de

cordes ; un levier tournant animait le tout de violentes secousses. La boulange étant déversée à la partie supérieure du tamis, la farine traversait les mailles grossières du tissu, et le son venait tomber à la partie la plus basse, en queue du bluteau. Plus tard on remplaça l'étamine par de la soie. Enfin, depuis le début du XIXe siècle, on se sert de la bluterie à pans, remplacée souvent aujourd'hui par les bluteries planes. Avant de décrire ces appareils, voyons comment sont constituées les surfaces filtrantes.

GARNITURES DES APPAREILS DE BLUTAGE

Les tissus dont on garnit les bluteries sont métalliques ou en soie. Les fils métalliques sont en laiton, en acier doux recuit, en acier étamé, ou en bronze phosphoreux. Ce sont les tissus de soie qui sont en meunerie de l'usage le plus général. Ces tissus, pour donner de bons résultats, doivent être tissés avec une extrême régularité. Les soies de meunerie sont fabriquées en France et en Suisse ; on les teinte souvent en jaune, avec une teinture à base de safran, et on les apprête avec de la colle de Flandre. Les soies françaises sont plus faibles que les soies suisses : en France, les brins de soie ne sont pas tordus en fils, et on obtient le tissu en entrecroisant simplement la trame et la chaîne, comme on fait pour la toile. En Suisse, au contraire, on tord les brins de soie pour en faire de véritables fils, et la chaîne se compose de deux fils cordés qui embrassent la trame et l'empêchent par conséquent de bouger ; les tissus suisses se font toujours avec des soies blanchies ; en France, on se sert de produits écrus ou de produits blanchis. Les mailles des tissus français sont carrées ; celles des tissus suisses ne le sont pas. Pour obtenir des tissus plus résistants, on emploie maintenant des fils plus épais qui donnent de nouvelles soies appelées double et triple force.

Ces tissus se présentent sous des largeurs variables et irrégulières, de $0^m,58$, $0^m,60$, $0^m,71$, $0^m,87$, $1^m,02$, mesures dont la raison d'être n'apparaît pas très clairement ; il en est de même pour les tissus métalliques. Tous ces tissus se désignent

par un numéro qui indique le nombre de mailles que l'on peut compter sur une longueur d'un pouce parisien, c'est-à-dire de 27 millimètres. Pour vérifier le numéro d'une soie, on se sert d'un compteur, percé d'une ouverture de 1/4 de pouce, surmontée d'une loupe ; le calcul doit se faire sur les fils de chaîne, la trame étant trop irrégulière. Les numéros des tissus ainsi comptés vont de 18 à 210. Ceci est dit pour les soies ordinaires ; pour les tissus double et triple force, les fils étant plus épais, il y aura au pouce un nombre de mailles moindre, pour une ouverture de dimension déterminée ; de deux soies simple et triple, effectuant le même travail, la seconde aura un numéro inférieur à la première : une soie ordinaire du nº 90 correspond à une soie triple force nº 70. A ce numérotage, au pouce, on tend aujourd'hui à substituer le numérotage suisse, dans lequel les soies sont désignées par un numéro arbitraire, allant de 0000 à 18. Le tableau de correspondance est le suivant :

Numéro au pouce.	Numéro suisse.	Numéro au pouce.	Numéro suisse.
18	0000	110	8
20	»	120	9
25	000	130	10
30	»	140	11
35	00	145	12
40	0	150	13
50	1	160	14
60	2	170	15
65	3	180	»
70	4	185	16
80	5	190	»
90	»	200	17
95	6	210	18
100	7		

Toutes ces soies permettent de séparer les produits de la mouture en autant de catégories qu'il est nécessaire ; on appelle farine ce qui se blute dans les soies 180 à 120 ; à travers les mailles plus larges passent les semoules et les gruaux dont on distingue plusieurs catégories : gros, moyens, petits, etc. ; les fragments les plus fins reçoivent le nom particulier de finots. Ces termes de semoules et de gruaux ne s'emploient pas toujours indifféremment l'un pour l'autre. En moulins à

meules, tout fragment du grain de blé s'appelle gruau ; dans les moulins à cylindres, on appelle semoules les gros fragments donnés par le broyage, et gruaux les fragments donnés par le travail des semoules (travail que nous décrirons sous le nom de convertissage). Dans les minoteries de blés durs, tous les fragments sont désignés sous le terme général de semoules.

BLUTERIE A PANS

La bluterie à pans est constituée par un tambour prismatique (fig. 68), dont la section est hexagonale, dans la plupart des cas ; quelquefois octogonale. Les dimensions de l'appareil peuvent être très considérables, le diamètre variant de $0^m,60$ à 1 mètre, et la longueur de $1^m,20$ à 7 mètres. Le tambour, ou carcasse de la bluterie, peut être construit entièrement en bois ; il peut également être en métal. Dans le premier cas, on trouve le long de l'axe du tambour un arbre de bois à six ou huit pans, incliné sur l'horizon de $0^m,05$ par mètre environ. Cet arbre porte, encastrées sur chacune de ses faces, et perpendiculairement à ces faces, des barres de bois, distantes l'une de l'autre de 1 mètre environ. Toutes les barres, placées sur une même face de l'arbre, sont reliées à leur extrémité par une latte de bois, appelée tringle. La partie extérieure de cette tringle est taillée en biseau, calculé de manière que l'angle formé par les deux plans du biseau représente exactement l'angle de l'hexagone ou de l'octogone, suivant le cas. Pour une bluterie hexagonale, l'angle du biseau est de 135°. Les faces latérales de la tringle peuvent être taillées de façon à être parallèles entre elles et parallèles à la direction des barres, ou de façon à être perpendiculaires au côté de l'hexagone ou de l'octogone. La première disposition a pour effet, l'appareil venant à tourner, de remonter la marchandise à une hauteur plus grande que lorsqu'on fait usage des faces normales aux pans de la bluterie ; elle est surtout avantageuse quand on travaille des blés humides, et qu'il faut laisser tomber la marchandise d'une grande hauteur.

On fait souvent maintenant la carcasse de cette bluterie

métallique : l'arbre est en fer rond, tourné, ou en acier comprimé, souvent aussi en fer creux ; on emploie pour cet usage des tuyaux à gaz. Sur l'arbre, on soude des douilles ou des tourillons, qui devront supporter les barres de fer rond. Ces barres sont venues de fonte avec leur douille ; parfois aussi, ce qui est préférable, les barres sont vissées dans les tourillons et assujetties par des contre-écrous. A l'extrémité des barres on rive une plaquette de fer forgé, sur lesquelles on visse des lattes ou tringles de bois, dont l'extrémité et les faces latérales sont taillées comme précédemment.

L'arbre, qui supporte ainsi toute la carcasse de l'appareil,

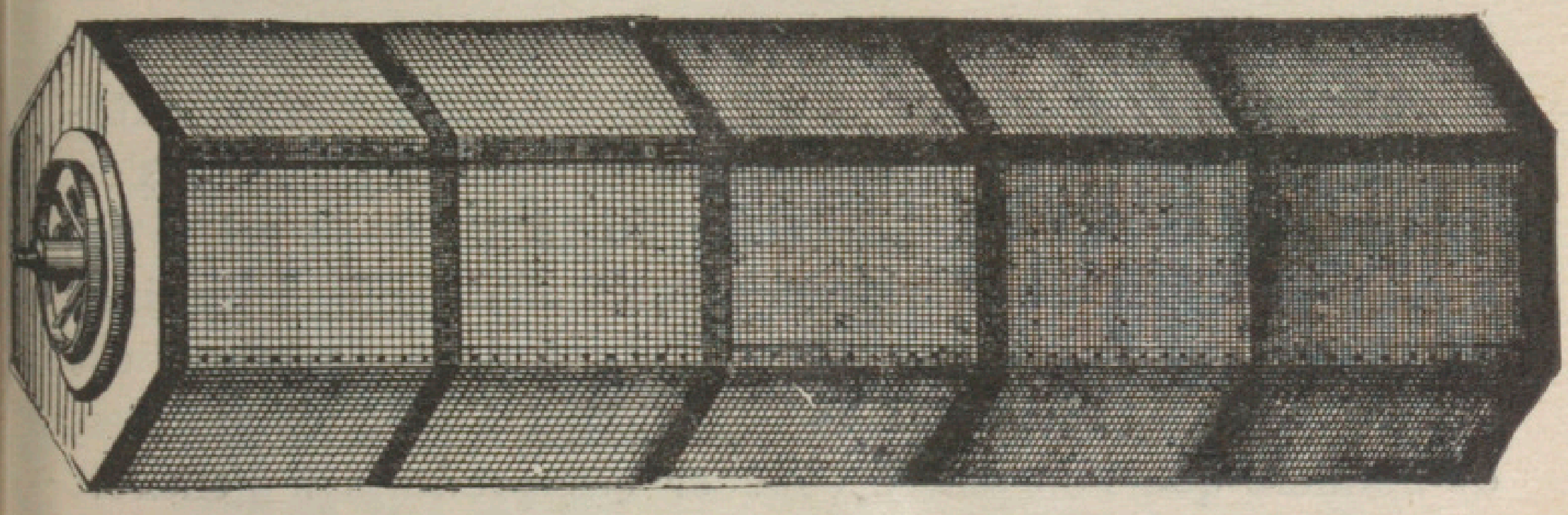


Fig. 68. — Tambour de bluterie à pans.

reçoit, au moyen d'une poulie et d'une courroie, un mouvement de rotation ; le nombre de tours effectué par minute varie suivant le diamètre de la bluterie ; il augmente à mesure que le diamètre décroît : il est compris entre 20 et 30.

Sur la carcasse de la bluterie, il faut maintenant disposer les soies blutantes. Les différents lés sont disposés les uns à côté des autres, le tissu étant placé perpendiculairement aux génératrices du tambour. La soie est collée sur les tringles qu'elle recouvre, de manière à éviter les frottements ; les bords en regard sont munis d'une petite bande de toile, portant des œillets, et le tout est assemblé au moyen d'un lacet. Cette disposition est adoptée, lorsque la bluterie porte des soies de numéros différents ; si on ne met qu'une seule soie sur la carcasse, on peut étendre le tissu parallèlement aux génératrices, et lacer les différents lés les uns sur les autres : dans ce cas, pour qu'il n'y ait pas de perte, il faut que le pourtour du tam-

bour représente un nombre exact de fois la largeur de lés employés.

Une autre disposition, avantageuse parce qu'elle permet de changer rapidement les soies dont une bluterie est garnie et d'effectuer par conséquent plusieurs opérations différentes avec le même appareil, consiste à fixer le tissu blutant, non plus sur la carcasse de la bluterie elle-même, mais sur des châssis ou cadres indépendants, que l'on fixe ensuite sur la bluterie au moyen d'écrous à oreilles.

La bluterie ainsi constituée est enfermée dans une grande caisse de bois (fig. 69), destinée à empêcher la farine de s'envoler dans l'atmosphère, ou, comme l'on dit en terme de métier, destinée à prévenir l'évaporation. Cette caisse est rectangulaire ; ses parois latérales sont formées par la juxtaposition de panneaux facilement démontables, pour qu'on puisse surveiller les soies ; la partie inférieure de la caisse est constituée par deux plans inclinés, formant trémie et destinés à recevoir les produits blutés ; le fond de cette trémie est occupé par une vis d'Archimède, souvent à palettes mobiles, de manière que l'on puisse évacuer ces produits à l'endroit convenable. Lorsque la bluterie doit séparer des produits de grosseurs différentes, la trémie est séparée en autant de cases qu'il y a de numéros de soie sur la carcasse de l'appareil.

L'alimentation de la bluterie se fait naturellement à la partie haute, au moyen d'une pièce ou pavillon de zinc. A la partie basse, le tambour fait saillie sur un diaphragme et porte un anneau de bois destiné à faire joint contre le diaphragme ; les gros produits, qui ne peuvent pas traverser les soies, sortent ainsi du tambour et tombent sur une goulotte inclinée, qui les emmène en dehors de la caisse. Le blutage se fait de la manière suivante : la marchandise, placée sur l'un des pans de la bluterie, entraînée par la rotation du tambour, s'élève avec le pan qui la supporte ; puis, lorsque l'inclinaison de ce pan est suffisamment forte, qu'il fait avec l'horizon un angle de 31°, la pesanteur l'emporte et la marchandise glisse le long de la soie, pour retomber au point le plus bas de la bluterie ; en même temps, l'effet de la pente générale de l'appareil se fait sentir, te il se produit un cheminement vers la sortie ; la marchan-

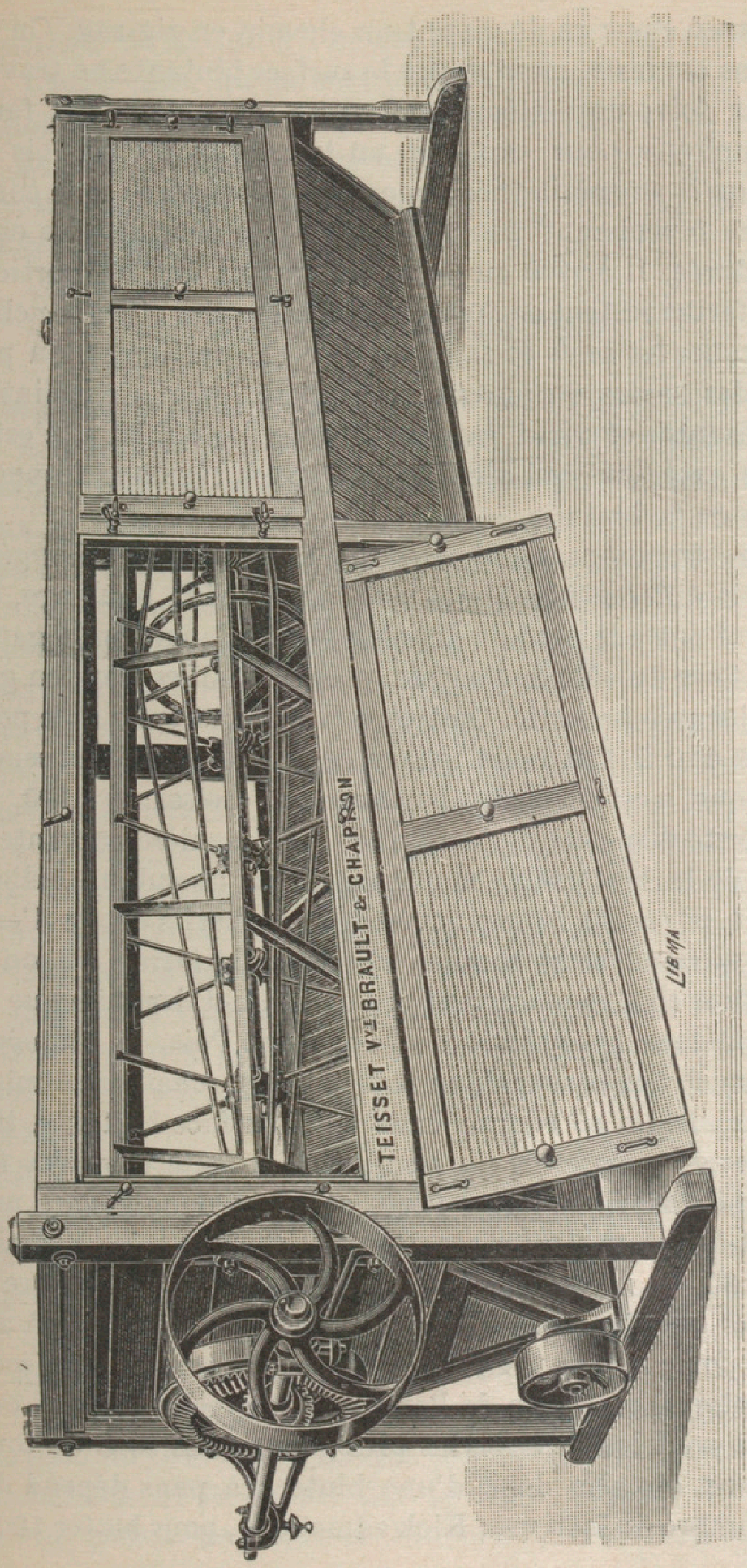


Fig. 69. — Bluterie à six pans.

dise avance donc en décrivant un chemin en zig-zag. On voit que, dans cet instrument, toute la surface blutante ne travaille pas à la fois; un sixième seulement est utilisé : il faudra donc employer pour exécuter un travail donné six fois plus de soie qu'il ne serait théoriquement nécessaire ; par contre, la soie ne fournissant pas un travail très considérable est de longue durée. Il arrive au cours du travail que les particules fines de farine restent engagées dans les mailles et les bouchent. Pour secouer les soies et faire tomber ces particules, on place autour des barres un anneau, qui glisse lorsque l'inclinaison est suffisante, et vient frapper la tringle, ou bien, c'est un marteau extérieur, qui vient à intervalles réguliers frapper la carcasse de la bluterie.

Si nous supposons maintenant que la bluterie soit chargée de classer les différents produits contenus dans la boulange, opération qui porte le nom de division sur boulange, on la garnira de soies fines du côté de l'entrée, puis les mailles iront en grandissant jusqu'à la sortie. On trouvera donc, en suivant la pente, des soies 180 à 120, mais qui, contrairement à ce qui semblerait logique, sont disposées par numéros croissants : 120, 130, 140.... Cette disposition s'explique de la manière suivante : à l'entrée de la bluterie, la marchandise est abondante, elle est agitée, et par suite les particules légères, petits débris d'enveloppes qui viendraient souiller ou piquer la farine, remontent à la surface et ne se trouvent pas au contact des soies que leur dimension leur permettait de traverser. Puis, le blutage se poursuivant, l'épaisseur de la couche de marchandise diminue, et, les impuretés se rapprochant de la surface blutante, il est nécessaire d'en resserrer les mailles. A la suite des soies fines qui fournissent de la farine fleur, on place dans l'ordre naturel, c'est-à-dire par numéros décroissants, des soies à gruaux, 100, 90, 80, 70..., en nombre variable, suivant le nombre des catégories que l'on veut obtenir. Tout ce qui a traversé ainsi les soies porte le nom général d'extraction ; tout ce qui s'écoule de la bluterie, en queue de l'appareil, s'appelle le rejet ou le refus : ce sont les parcelles les plus grosses, les sons de toutes dimensions, etc. Le débit d'une bluterie à pans dépend d'un grand nombre de facteurs; Kick admet que, pour bluter 100 ki-

logrammes de farine à l'heure, il faut 6 2/3 mètres carrés de soie, c'est-à-dire, qu'un mètre carré de soie blute par heure 15 kilogrammes de farine ; pour bluter un blé broyé, on calculera donc la surface de soie nécessaire, d'après la proportion de farine contenue dans la boulange, les soies à gruaux étant ajoutées en plus.

BLUTERIES PLANES

Les bluteries planes ou Plansichters ont été inventées en 1887, par Haggenmacher, de Buda-Pesth, et elles ont remplacé dans beaucoup de cas les anciennes bluteries à pans. Les nouveaux appareils présentent l'avantage que la surface blutante, animée d'un mouvement de rotation dans un plan horizontal, reste elle-même horizontale, pendant le travail, et que, par conséquent, toute la surface est utilisée à la fois ; la maille blutante restant horizontale se présente aux produits avec sa vraie grandeur, et non plus comme précédemment en projection sous un angle plus ou moins aigu ; le classement des marchandises, d'après leur densité, se fait beaucoup mieux que dans les bluteries à pans ; le mouvement imprimé par la machine est très doux, les particules cheminent à la surface des tamis, sans qu'il se produise jamais de chocs. Par contre, la surface blutante est sujette à s'encombrer facilement, et il a fallu imaginer des dispositifs capables de la nettoyer à chaque instant. Les bluteries planes primitives étaient de forme rectangulaire ; depuis, Bunge a imaginé d'en construire avec des plateaux circulaires.

Bluterie plane rectangulaire. — Une bluterie de ce genre comporte plusieurs tamis, enfermés dans un coffre. Ce coffre est en bois ; on le fait maintenant de forme carrée, ou presque carrée ; la forme carrée permettant, plus facilement que la forme rectangulaire primitive, d'équilibrer l'appareil. Les dimensions les plus usuelles sont $1^m,50$ à 2 mètres de long sur $1^m,20$ à $1^m,70$ de large, et $0^m,70$ d'épaisseur. Le couvercle et le fond du coffre sont percés de trous pour l'arrivée de la marchandise et le départ des produits blutés. Pour que la bluterie puisse se déplacer librement, ces trous sont reliés

aux tuyaux d'amenée et de départ par des manches souples en futaine, serrées par des fils de fer. Le couvercle est formé d'un cadre de bois sur lequel est tendue une toile imperméable à la poussière, mais perméable à l'air. A l'intérieur du coffre sont placés, les uns au-dessus des autres, les tamis dont la réunion forme la bluterie. Ces tamis sont constitués par des cadres de bois que l'on garnit de soies ; ils sont divisés par des cloisons parallèles en six ou huit canaux qui forment autant de petits tamis élémentaires et qui peuvent, suivant les machines, travailler une même marchandise, ou des marchandises différentes; au-dessous du tamis, est placé un plateau en zinc, le collecteur, destiné à recueillir les produits blutés, et à les acheminer vers l'orifice de sortie ; pour cela, le collecteur est établi en pente, mais, grâce au mouvement rapide dont on animera tout l'appareil, cette pente peut être très faible. Les tamis à mailles de grosseurs différentes se superposent, comme tout à l'heure les différentes soies se juxtaposaient dans la bluterie à pans.

Le coffre, ainsi garni, doit être suspendu de manière à pouvoir osciller librement : souvent on suspend la bluterie au moyen de quatre tringles de fer de 10 à 15 millimètres de diamètre, fixées au moyen d'agrafes, d'une part aux poutres du plafond, et d'autre part à la caisse de la bluterie ; ces tringles ont une longueur maxima de $1^{m},80$ et minima de 1 mètre. Les agrafes du coffre peuvent être fixées, soit sur son fond, soit sur ses côtés, mais toujours en quatre points symétriquement placés. Souvent aussi la bluterie est supportée sur le plancher. Dans ce cas, les quatre angles inférieurs de la caisse supportent quatre ailerons de fonte munis d'un coussinet sphérique ; près de chacun des angles de la bluterie, est placée sur le plancher une borne supportant un second coussinet sphérique; les deux coussinets sont alors réunis par une tige, terminée par une rotule à chacune de ses extrémités ; souvent la tige est en deux parties filetées, réunies par un raccord, de manière à pouvoir être allongée ou raccourcie.

La commande du Plansichter, placée à la partie inférieure du coffre, se fait toujours par poulie et par courroie, la poulie faisant en même temps fonction de volant. Il s'agit d'imprimer

à l'appareil un mouvement de rotation dans un plan horizontal. La caisse porte à sa partie inférieure, et en son milieu, une pièce métallique qui vient s'emboîter dans une poulie, placée

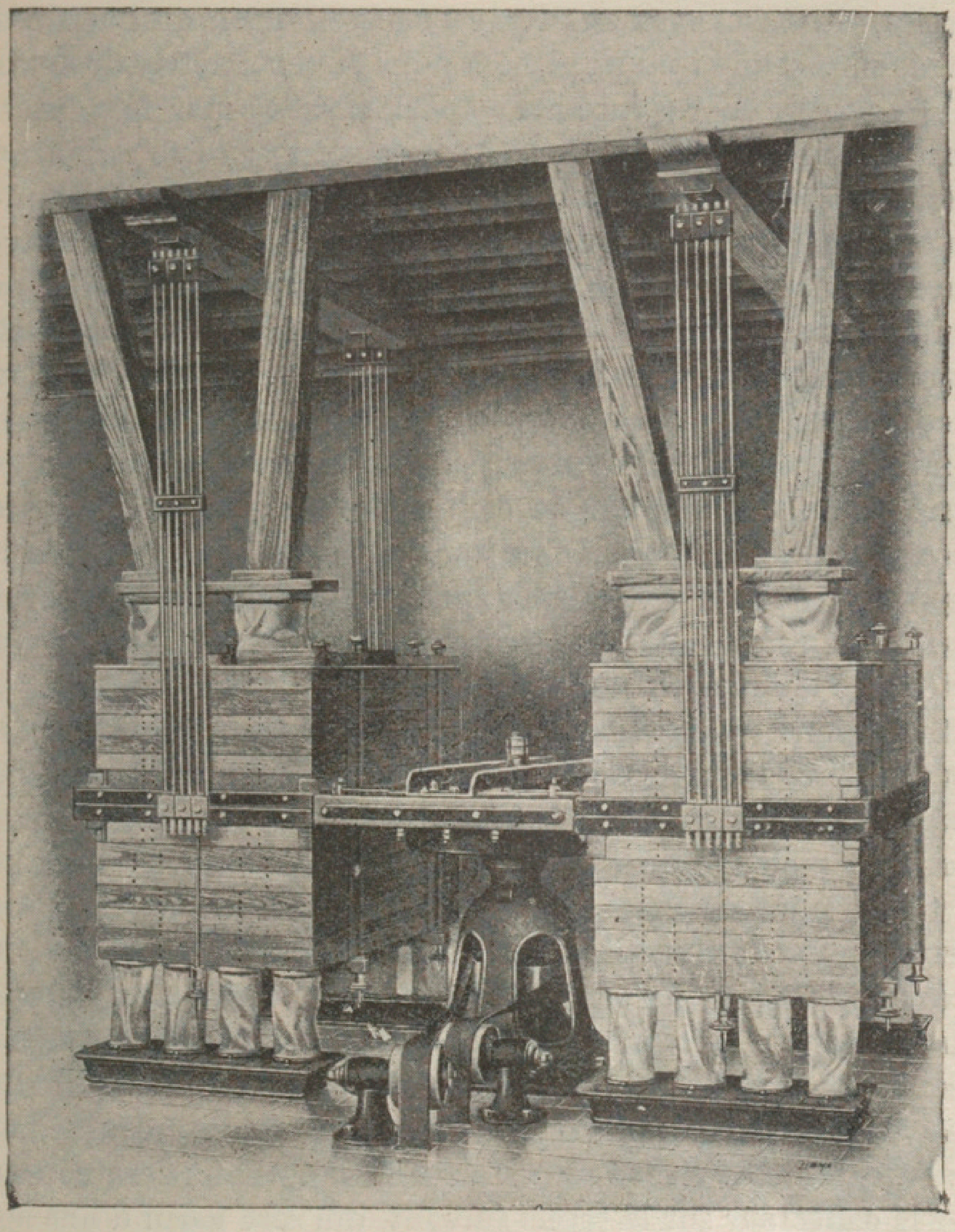


Fig. 70. — Plansichter à caisses équilibrées.

horizontalement au-dessous de l'appareil ; cette pièce, supportée par la caisse, forme bouton de manivelle ; elle est placée excentriquement par rapport au centre de la poulie, qui reçoit au moyen d'une courroie un mouvement de 150 à

180 tours par minute. Symétriquement au bouton de manivelle; est placé, également sur la poulie, un contrepoids formé le plus souvent par des plaques de plomb. L'appareil venant ainsi à tourner, tous les points de la bluterie décriront des cercles, dont le rayon est réglé par la position du bouton de manivelle; celui-ci étant placé à 6 ou 11 centimètres du centre de la poulie, le déplacement total exécuté par la bluterie aura une amplitude de 12 à 22 centimètres ; cette amplitude doit diminuer, à mesure que le nombre des tours augmente. Cette commande, par la partie inférieure, présente l'inconvénient de ne pas attaquer le coffre dans le plan horizontal qui contient son centre de gravité ; aussi, coupe-t-on souvent aujourd'hui le coffre en deux demi-coffres (fig. 70) et, dans l'espace qui les sépare, on peut loger tout le mécanisme de commande ; ce dernier est supporté sur une colonne, ce qui permet de fixer la poulie de commande exactement au centre de gravité du système. De même, pour diminuer le poids de l'appareil, au lieu de loger les différents tamis dans un coffre, on les superpose seulement en les rendant solidaires au moyen de quatre longues vis munies d'écrous.

Supposons maintenant que nous voulions effectuer au moyen de ce Plansichter le même travail de division sur boulange que nous avons fait tout à l'heure avec la bluterie à pans. Le mélange sera délivré par les manches flexibles sur le tamis supérieur ; mais ce tamis sera garni d'un tissu très ouvert, souvent d'un tissu métallique ; ce seront donc les plus gros débris, gros gruaux et débris de sons, qui seront retenus sur le tamis, tandis que tout le reste traversera le tamis et sera récolté sur le collecteur. Le rejet de ce tamis, arrivé à l'extrémité de la caisse, tombera dans un tuyau, et sera entraîné hors de l'appareil. Le mélange de farine et de gruaux sera conduit par le collecteur sur le tamis suivant, qui sera garni d'une soie à farine. Cette disposition a été adoptée, pour ménager les tissus fins, qui seraient inutilement fatigués par le passage des gros débris. Sur le second tamis, la marchandise chemine dans le sens inverse de celui suivi sur le tamis supérieur : le collecteur du tamis récolte de la farine fleur, emportée au dehors ; le rejet du tamis tombe sur le troisième tamis, le rejet du troi-

sième sur le quatrième, ces trois tamis portant tous trois des soies à farines de numéros croissants, les particules d'enveloppes se rapprochant peu à peu de la surface du tamis. En dessous des tamis à farine, on place des tamis à gruaux, de tissus à numéros décroissants, proportionnés au nombre des catégories à obtenir.

On voit, dans la description précédente, les marchandises descendre de tamis en tamis, en parcourant ces différents tamis d'une de leurs extrémités à l'autre, et tantôt d'avant en arrière, tantôt d'arrière en avant. Il faut donc concevoir un dispositif qui permette de faire circuler les produits à la surface des tamis, dans le sens que l'on veut. Le problème a été résolu par Haggenmacher, de la manière suivante : les couloirs, figurés sur les tamis par les cloisons dont nous avons parlé, ont une largeur un peu plus grande que le diamètre du cercle décrit par l'excentrique, qui commande le mouvement de la bluterie : sur l'un des côtés du couloir, on fixe, perpendiculairement à la cloison, de petites planchettes qui font saillie dans le couloir, et que l'on maintient à quelques millimètres de la surface du tamis. La couche de marchandise répandue sur le tamis ayant au moins un centimètre d'épaisseur, les planchettes n'agissent que sur la partie supérieure de cette marchandise, mais, grâce au frottement, cette partie supérieure entraînera la partie profonde. Considérons donc une particule, à la surface du tamis ; elle tendra à décrire, participant au mouvement général de l'appareil, un cercle de diamètre égal à celui qui est décrit par l'excentrique; en décrivant ce cercle, elle viendra frapper contre l'une des planchettes qui arrêtera sa course ; puis cette particule, repartant à nouveau, décrira un second cercle, qui sera également interrompu par un choc contre la planchette suivante, si l'on a eu soin de laisser entre les planchettes une distance, légèrement inférieure au diamètre du cercle, décrit par la marchandise. A chaque tour de la

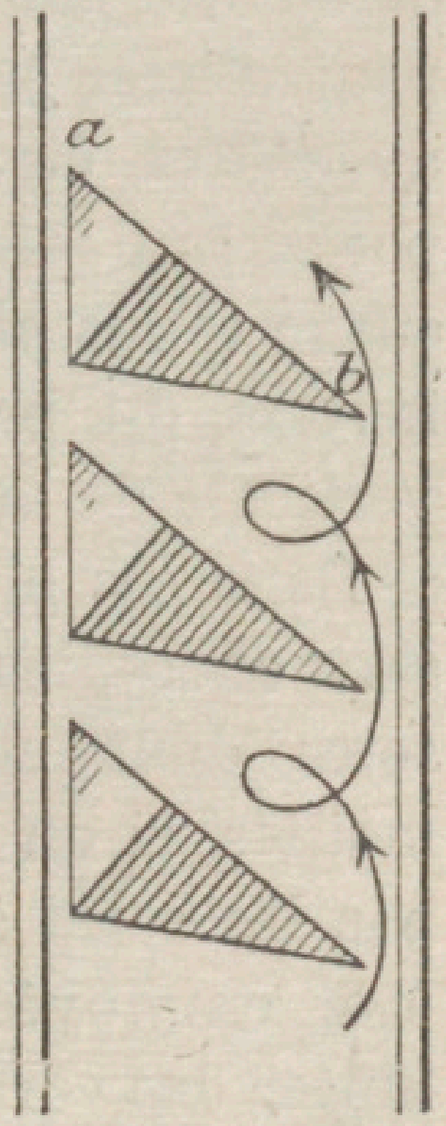


Fig. 71. — Dispositif de collecteur de plansichter Weyermann.

poulie, les particules avanceront donc d'une case. On conçoit que, suivant la paroi qui supportera les planchettes de butée, la marchandise progressera dans un sens, ou bien dans le sens inverse.

Dans le brevet Weyermann (fig. 71) (maison Bühler), le même résultat est obtenu différemment. Les collecteurs de chaque tamis portent, obtenues par estampage, des pyramides en relief, à base triangulaire, dont l'une des faces, perpendiculaire au plan du collecteur, fait en même temps, avec la paroi du tamis un angle de 45°. La soie du tamis placée au-dessus du collecteur n'étant pas très tendue, la marchandise peut glisser sur les faces inclinées des pyramides, tomber en avant, et être poussée ensuite sur la pyramide suivante ; par sa face inférieure, le collecteur à pyramide agira également sur le tamis placé en dessous de lui, en poussant (dans le sens inverse du précédent) les produits accumulés contre la face verticale de la pyramide.

Dans ces bluteries, le mouvement se faisant doucement et sans chocs, les particules fines s'attachent énergiquement aux soies dont elles finiraient par boucher complètement les mailles, si on ne les forçait à se détacher, si on ne *dégommait* pas les soies à chaque instant. Plusieurs dispositifs peuvent être employés : Haggenmacher mélangeait aux produits à bluter des corps durs, comme des grains de blé ou des graines d'acacia, des billes de caoutchouc ou des balles de sureau, qui frottent les soies en se déplaçant à leur surface. Ces corps passent de tamis en tamis suivant le même chemin que la marchandise elle-même ; arrivés au bout du dernier tamis, ils sont remontés sur le premier au moyen d'un petit élévateur, ou au moyen d'un manchon en fer-blanc, pourvu intérieurement d'un talus en limaçon, que les billes remontent par suite du mouvement du Plansichter. Ou bien les billes ne quittent pas le tamis où elles sont placées : à la sortie du tamis, une grille laisse passer le rejet du tamis qui tombe sur le tamis immédiatement inférieur, et retient les billes qui, par un petit canal spécial, sont ramenées en tête du tamis au moyen de transporteurs, convenablement disposés.

Le système de dégommage Bühler consiste à ne pas tendre

la soie des tamis, et à la faire secouer à chaque oscillation par

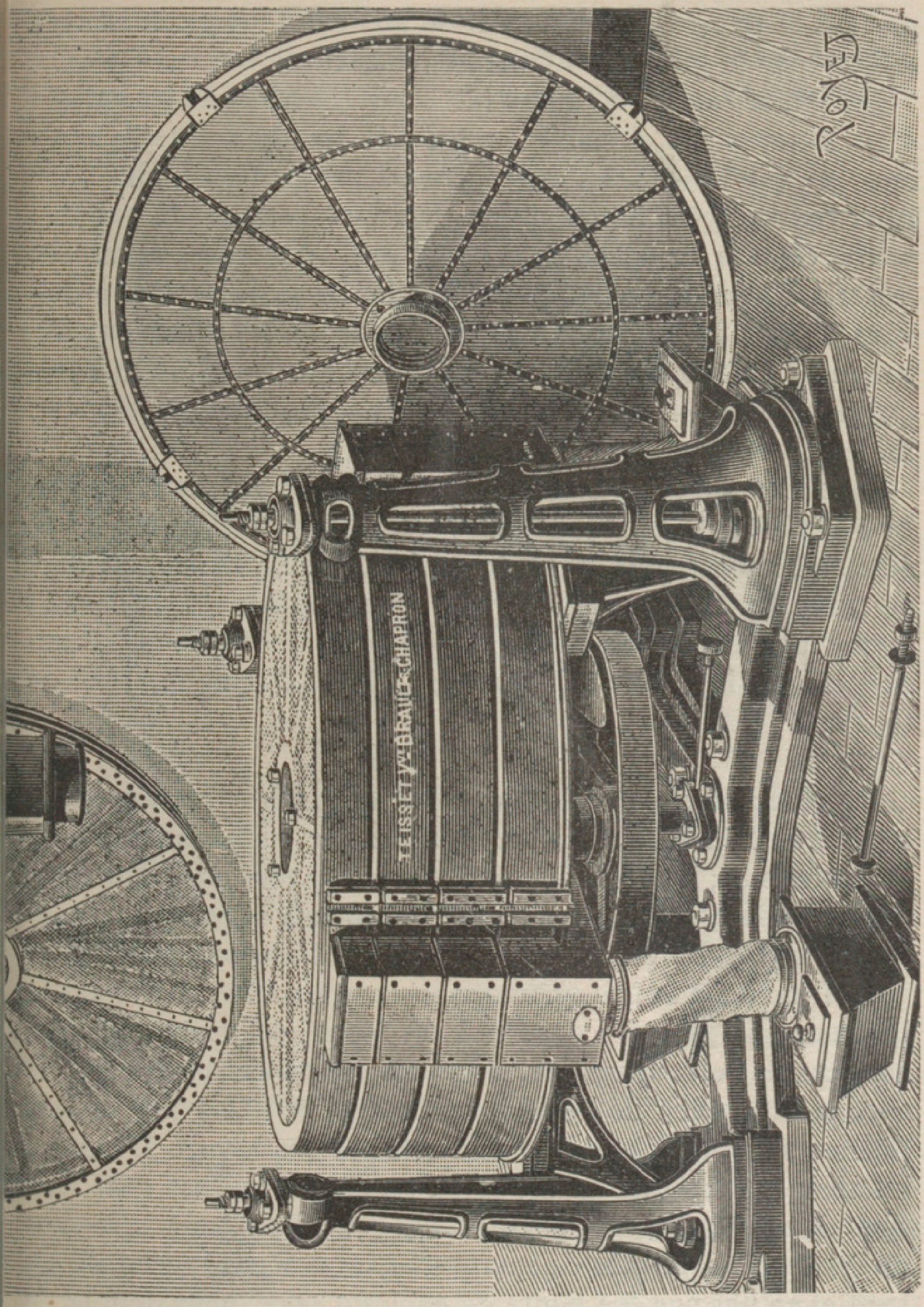


Fig. 72. — Plansichter Bunge sur colonnes.

une réglette de bois, suspendue à l'un des côtés du tissu ; la maison Seck place en dessous des tamis une tringle sur laquelle

se meut un curseur, garni de feutre, et qui vient à chaque oscillation frapper l'un ou l'autre des taquets de bois qui supportent la tringle ; la maison Rose fait enfin usage de brosses agitées par le mouvement même de la bluterie.

Les *Plansichters Ph. Lafon* (de Tours), au lieu d'être animés d'un mouvement circulaire, reçoivent un mouvement rectiligne de va-et-vient. Le coffre, contenant les tamis, glisse sur deux tiges placées horizontalement : il est commandé par une poulie volante verticale, dont l'effet est complété au moyen de ressorts à boudin que l'appareil bande successivement en arrivant à bout de course. Dans ces appareils, les soies sont dégommées au moyen de brosses douces, commandées mécaniquement, ce qui permet d'obtenir un dégommage plus ou moins énergique.

On admet qu'un plansichter, faisant le même travail qu'une bluterie hexagonale, ne nécessite que la septième partie de la surface blutante exigée par cette dernière. La bluterie à pans ne travaille, en effet, que sur 1/6 de sa surface, et le 1/6 actif donne un travail beaucoup moindre qu'un tamis de Plansichter, sur lequel la marchandise, placée d'aplomb, pèse de tout son poids.

Bluterie plane circulaire. — Le Plansichter rectangulaire est lourd, difficile à ébranler et peut par suite endommager les bâtiments ; il peut, il est vrai, travailler plusieurs marchandises à la fois, mais un arrêt entrave tout le travail. Le Plansichter circulaire de Bunge (fig. 72) est beaucoup plus léger, et ne travaille à la fois qu'une seule marchandise. Cet appareil ne comporte pas de caisse : il est formé de quatre ou cinq anneaux de bois superposés, placés les uns au-dessus des autres, avec interposition de bandes de flanelle, et reliés par quatre boulons articulés à leur base et serrés par des écrous. L'anneau inférieur est fixé sur un croisillon de chêne, qui est relié aux tiges de suspension : le plus souvent, cet appareil est suspendu au plafond au moyen de quatre tuyaux à gaz, terminés en haut et en bas par des bouts de câbles d'acier, pour donner de la flexibilité à tout le système. L'anneau supérieur est surmonté d'un chapeau conique, portant à son sommet un orifice, pour

l'entrée de la marchandise à bluter. Chaque anneau contient un tamis, un collecteur et un distributeur.

Les tamis sont formés de deux cercles de bois concentriques, mesurant $1^m,40$ et $0^m,30$ de diamètre et reliés l'un à l'autre

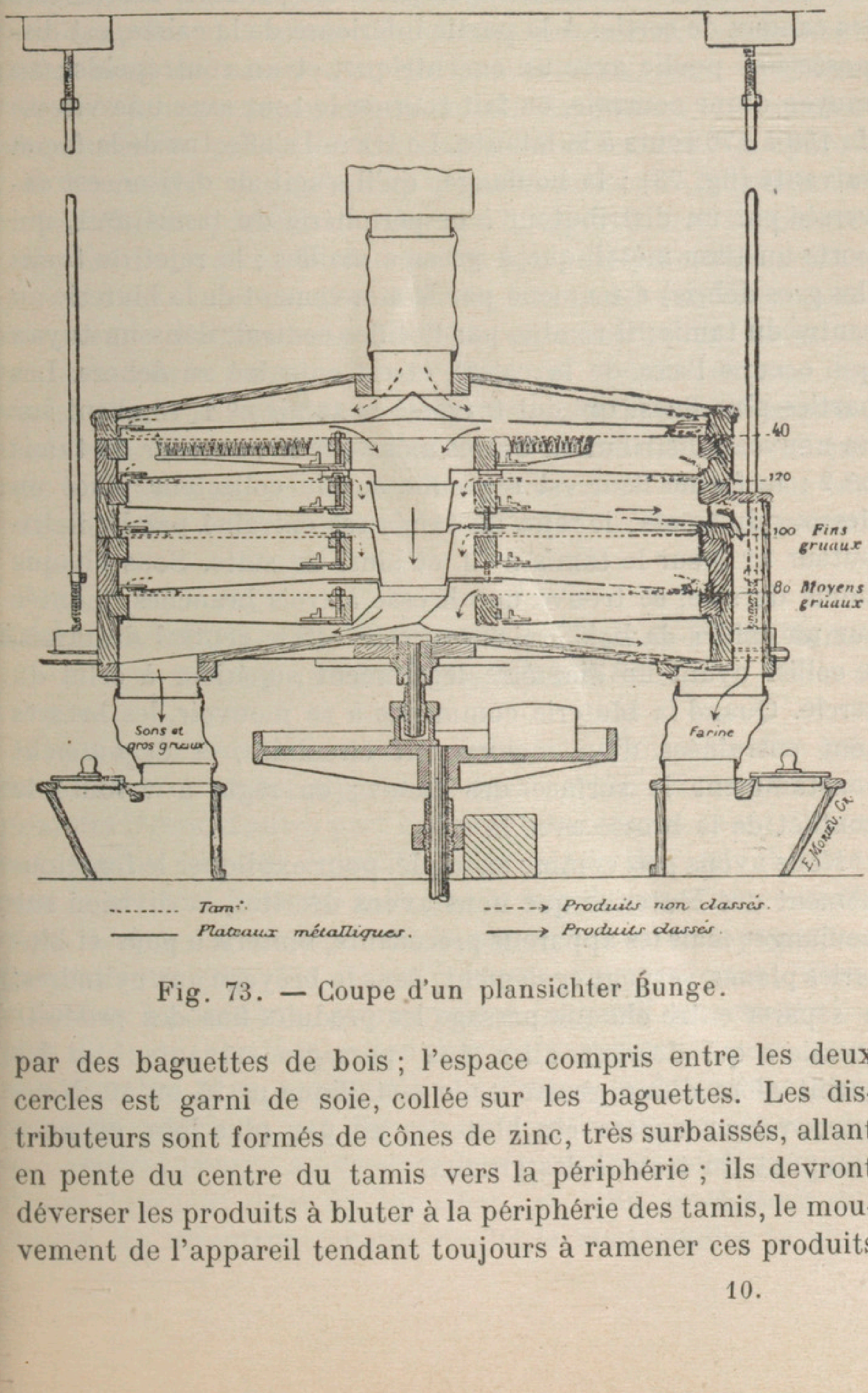


Fig. 73. — Coupe d'un plansichter Bunge.

par des baguettes de bois ; l'espace compris entre les deux cercles est garni de soie, collée sur les baguettes. Les distributeurs sont formés de cônes de zinc, très surbaissés, allant en pente du centre du tamis vers la périphérie ; ils devront déverser les produits à bluter à la périphérie des tamis, le mouvement de l'appareil tendant toujours à ramener ces produits

vers la partie centrale. Au-dessous des tamis, se trouvent les collecteurs en zinc, ayant également une forme conique ; mais la pente est cette fois dirigée de la périphérie vers le centre ; une goulotte, soudée sur les collecteurs, et ayant une pente inverse à celle de ces derniers, emporte les produits blutés vers les canaux de sortie. A la partie inférieure de la caisse, est disposée une poulie avec un excentrique, et un contrepoids ; au moyen d'une courroie, on fait tourner le tout avec une vitesse de 160 à 170 tours à la minute. Le travail s'effectue de la façon suivante (fig. 73) : la boulange, qu'il s'agit de diviser, est déversée par un distributeur à la périphérie du tamis n° 1, qui porte un tissu métallique à grosses mailles ; le rejet du tamis (les gros débris) est amené par le mouvement de la bluterie au centre du tamis ; il tombe, par l'orifice central, dans un tuyau qui occupe l'axe de la caisse, et est entraîné au dehors. Les parties plus fines, qui ont traversé le tamis n° 1, tombent sur un nouveau distributeur qui les mène sur le pourtour du tamis n° 2 ; la farine fleur est recueillie sur le collecteur placé en dessous du tamis ; le rejet du tamis est entraîné par le distributeur n° 3 sur le tamis n° 3, et ainsi de suite. Sous chaque tamis de soie, se trouve une brosse à trois branches, montée sur un collier de bois, qui entoure le cercle central du tamis, le collier ayant un diamètre légèrement supérieur à celui du cercle. Quand la bluterie commence à se mouvoir, les brosses sont entraînées d'un mouvement circulaire, et dégomment constamment la surface des tamis ; on règle à volonté le contact de la brosse avec la soie.

Nous avons pris comme exemple, pour expliquer le fonctionnement des bluteries que nous avons décrites, la division sur boulange ; mais les appareils précédents, bluterie à pans et bluteries planes, servent également, dans le broyage aux cylindres, à séparer entre chaque passage les produits fins des produits grossiers qui doivent aller aux passages suivants ; on les garnit alors d'une grosse toile métallique n° 35 ou 40. Nous retrouverons encore ces bluteries un peu plus loin, en nous occupant du travail des gruaux.

ÉPURATEUR A SEMOULES

Pour obtenir des farines blanches, on cherche parfois à éliminer les pellicules de son, complètement débarrassées de farine, au fur et à mesure qu'elles se produisent ; on les empêche ainsi de passer dans les broyeurs suivants, et d'être triturées à nouveau, au risque de salir les farines et semoules ultérieurement produites. On emploie, dans ce but, un épurateur à semoules, que l'on place de préférence entre le deuxième et le troisième passage de broyage. L'appareil, très simple, se compose d'une série de planchettes placées les unes au-dessus des autres: la marchandise, délivrée, à la partie supérieure, par une trémie d'alimentation, tombe, en cascade, de haut en bas, rencontrée par un courant d'air qui chemine en sens inverse, et qui entraîne toutes les particules légères. L'aspiration est le plus souvent produite par le même ventilateur qui agit également sur les broyeurs. Le travail de l'épurateur est contrôlé grâce à un regard étanche, placé sur le côté de la caisse.

SÉPARATEUR-ASPIRATEUR CYCLO-PNEUMATIQUE (SYSTÈME ROBINSON)

Dans le système de la maison Robinson, la marchandise qui sort d'un broyeur est séparée en deux parties (d'une part des produits légers, d'autre part des produits lourds), avant d'être envoyée au broyeur suivant ; et la séparation est obtenue sans le secours d'aucune soie, par le simple jeu d'un courant d'air. L'appareil employé est le séparateur-aspirateur cyclo-pneumatique (fig. 74) ; il se compose essentiellement d'un collecteur à poussières, genre cyclone (appareil qui sera étudié plus tard), en communication, par sa partie supérieure, avec une chambre à expansion d'air. A l'intérieur du cyclone, et à sa partie supérieure, est disposé un ventilateur, monté sur un axe vertical creux ; au-dessous du ventilateur, est disposé un disque tournant dans un capuchon, et enfin, au-dessous du disque, un récepteur conique récolte la marchandise la plus

lourde et la conduit à un tube, par lequel elle sort de la chambre cyclonique. Le fonctionnement de l'appareil est le suivant : la boulange tombe dans un tube d'alimentation qui

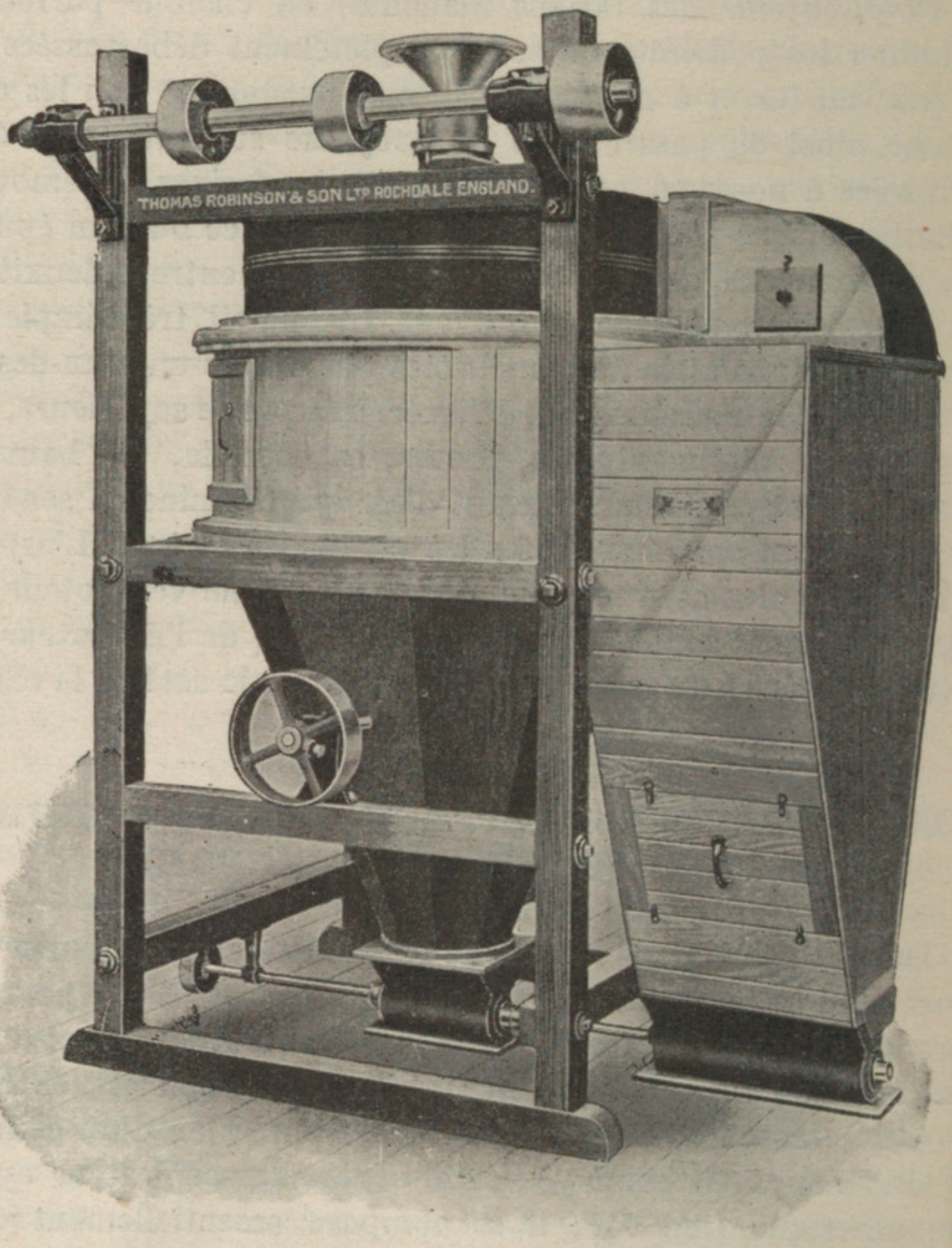


Fig. 71. — Séparateur aspirateur cyclo-pneumatique système Robinson.

traverse l'axe creux du ventilateur ; elle est déversée sur le disque tournant et répartie en nappe régulière tout autour de l'intérieur du capuchon. La marchandise descend en tourbillon, glissant sur la partie intérieure du capuchon, et tombe,

en anneau, sur le récepteur qui l'évacue au dehors. Pendant tout ce temps, la marchandise est soumise à l'action du courant d'air qui entre dans le capuchon, par sa partie inférieure, et qui entraîne les parties les plus légères de la marchandise dans la chambre à expansion d'air : là le courant d'air se détend, et dépose un mélange de farine de broyage, de finots, de fines semoules, de pellicules et de flocons de son fins. Les parties lourdes, recueillies par le collecteur, comprennent du blé broyé, de grosses et de moyennes semoules. Les marchandises légères sont déposées, pour les 95/100, dans la chambre à expansion, le restant se retrouvant dans le cône de la chambre cyclonique. L'air, qui sort de la chambre à expansion, est appelé de nouveau par le ventilateur ; le même air sert donc indéfiniment, décrivant un circuit fermé ; on n'appelle donc nullement l'air extérieur, toujours fatalement chargé de poussières qui risqueraient de venir salir la farine extraite. Les deux classes de marchandises obtenues sont ensuite traitées par des tamis, qui trient les éléments selon leur grosseur, et les grains à demi broyés subissent seuls à nouveau l'action des cylindres cannelés.

BLUTERIE AÉRO-PNEUMATIQUE DE ROSE

La maison Rose, de Poissy, offre maintenant à la meunerie une bluterie, dans laquelle on combine à la fois l'action des tamis et d'un courant d'air, pour séparer les produits de broyage, d'une part en produits lourds, d'autre part en produits légers ; on pratique donc à la fois un blutage proprement dit et une opération que nous verrons un peu plus loin sous le nom de sassage. Ces nouvelles machines de Rose sont à cycle fermé, c'est-à-dire qu'il ne sort pas d'air de l'appareil, ce qui empêche toute évaporation ; il ne se produit non plus aucun appel d'air de l'extérieur vers l'intérieur, et, par conséquent, les poussières atmosphériques ne peuvent pas venir souiller les produits blutés. La bluterie « aéro-pneumatique » est employée pour les premiers passages de broyage, dont elle fait l'extraction et la division. Les produits, arrivant

à la partie supérieure de l'appareil, tombent sur un plan incliné, garni d'un tissu métallique ou d'un tissu en soie ; ils glissent le long de ce plan incliné et, pendant tout le temps du trajet, ils subissent l'action de l'air refoulé en dessous du tamis ; il se produit en même temps une aspiration au-dessus du tamis, qui entraîne tous les produits légers ; ces produits étant ensuite déposés, l'air purifié est ramené au-dessous du tamis précédent, décrivant ainsi un circuit fermé. Au-dessus du tamis, un plateau collecteur permet de recueillir les fines semoules, finots, farines et pellicules légères, en un mot tout ce qui constitue les produits légers, tandis que les produits lourds, restant sur les tamis, sont ensuite traités de façon convenable. Cet appareil remplace donc en partie les Plansichters. La bluterie inclinée aéro-pneumatique mesure de $1^m,500$ à $1^m,875$ de long sur $0^m,250$ à 1 mètre de large ; elle ne contient d'ordinaire qu'un seul panneau blutant, et la poulie de commande tourne à une vitesse de 100 tours à la minute. Le travail exécuté par heure représente de 200 à 2 900 kilogrammes. En mettant deux, trois et quatre panneaux, on double, triple et quadruple les débits précédents.

Le travail des produits légers, extraits dans la bluterie précédente, se poursuit ensuite dans un sasseur à farine, du même système aéro-pneumatique, fonctionnant également à circuit d'air fermé. L'appareil est pourvu d'un tamis incliné vibrant, sur lequel agissent six ventilateurs-aspirateurs ; l'air est réparti au moyen de « naseaux » qui recueillent les produits légers entraînés ; la machine ne comporte aucun collecteur, et fait la séparation des fines semoules, finots, farines, légères pellicules. Les dimensions de la machine sont de $2^m,25$ de long sur $0^m,50$ à $0^m,75$ de large ; la poulie de commande fait 443 ou 444 tours à la minute.

BROSSE A SONS

Les sons, complètement dépouillés d'amande farineuse, qui sortent de la dernière bluterie d'extraction, ou de la bluterie à boulange, retiennent encore à leur surface une certaine propor-

tion de farine, que les secousses imprimées par les bluteries à la marchandise travaillée ont été impuissantes à détacher. Cette farine est, il est vrai, de la farine bise, mais il ne faut cependant pas la perdre ; on doit donc soumettre les sons à une agitation énergique, que l'on réalise dans une machine qui porte le nom de brosse à son. Le principe de cet appareil consiste à envoyer les sons dans un tambour, le plus souvent horizontal, garni

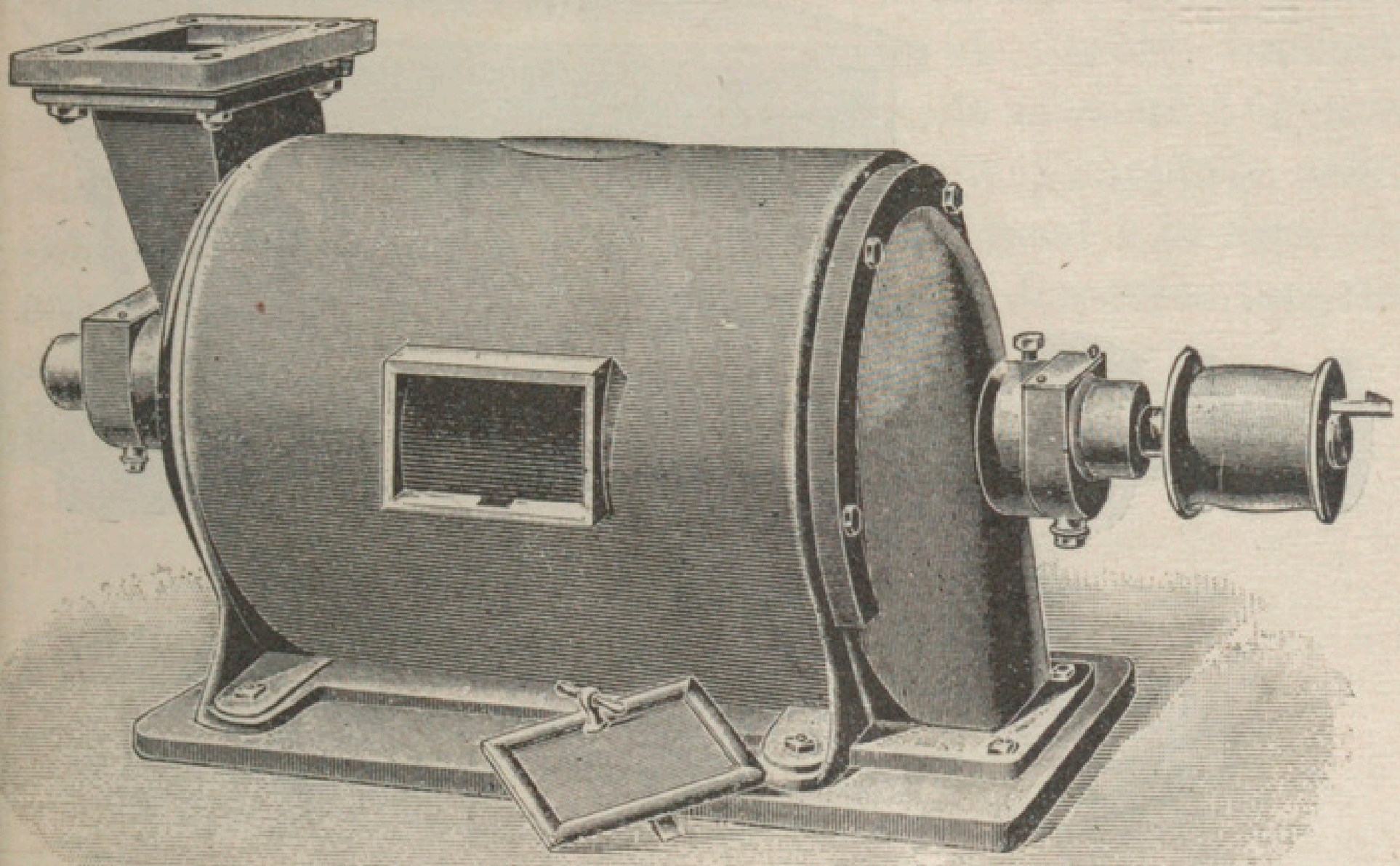


Fig. 75. — Brosse à sons à enveloppe métallique pour petits moulins.

de toile métallique, à l'intérieur duquel tournent des brosses à grande vitesse, qui projettent violemment les produits à épurer contre la garniture métallique.

La *Brosse à son, système Richemond*, se compose d'un tambour horizontal, de forme tronconique, dont la garniture métallique est fixée sur deux châssis cloisonnés, réunis par des boulons et facilement démontables. Ce tambour blutant porte à son extrémité une grande couronne dentée, qui engrène avec un petit pignon denté, de manière à recevoir un lent mouvement de rotation. A l'intérieur tourne un arbre faisant de 400 à 450 tours, sur lequel sont montées des brosses qui projettent

les sons à nettoyer. La surface externe du tambour est nettoyée sans cesse au moyen d'un système de brosses rotatives. La marchandise entre par la petite base du tambour tronconique, chemine en suivant sa pente et vient sortir par la grande base.

La *maison Teisset, Chapron et Brault*, construit une brosse à son, à enveloppe métallique, basée sur le même principe que la brosse à blé, de la même maison (fig. 75). L'arbre, portant

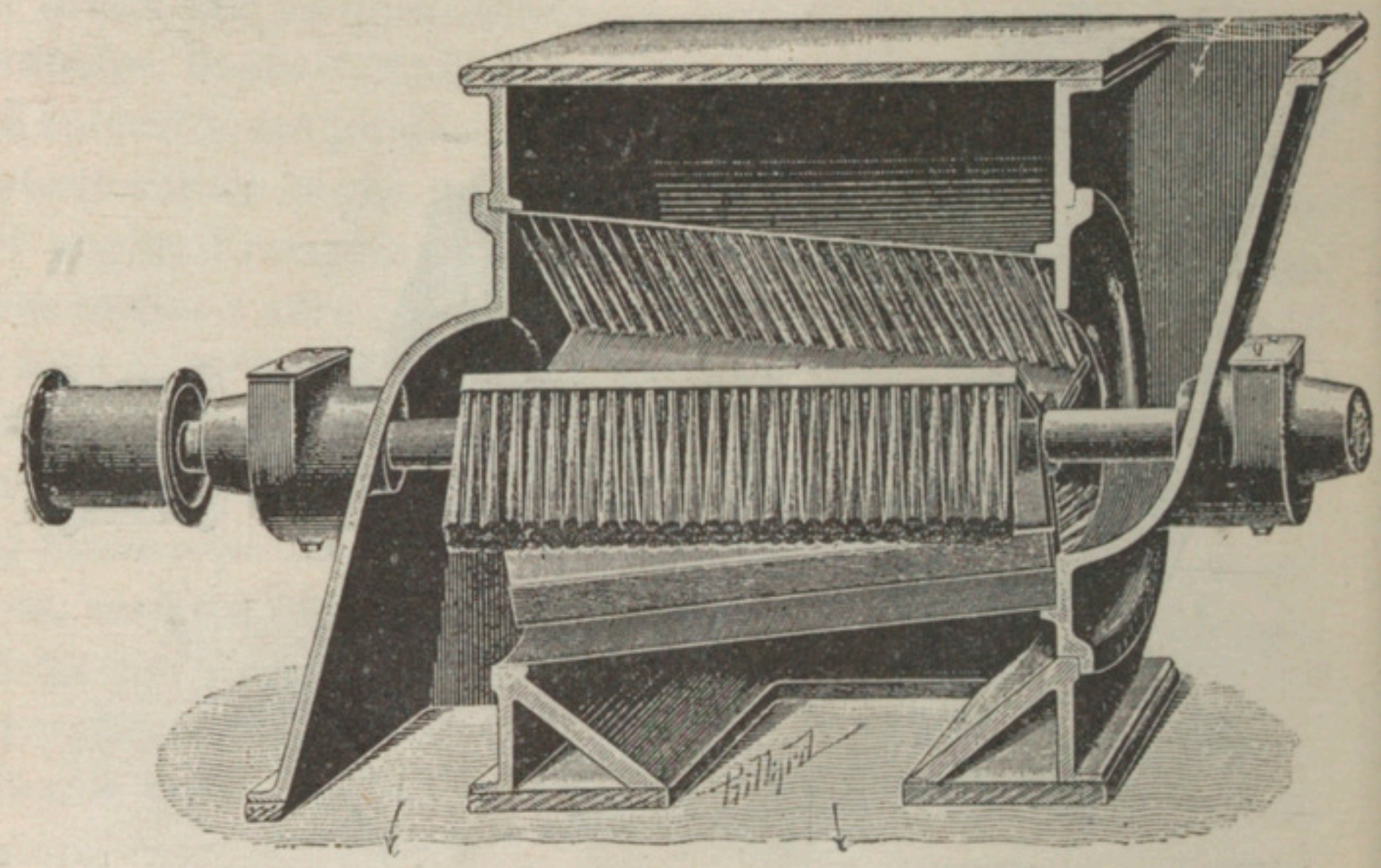


Fig. 76. — Brosse à son, système Lafon.

les brosses, tourne à une vitesse de 300 à 400 tours par minute : les petits appareils tournant plus vite que les grands.

La *maison Rose* possède une brosse à son, à axe vertical, dont l'enveloppe blutante et les brosses intérieures ont une forme conique ; on peut alors modifier la pression en faisant monter ou descendre l'arbre qui porte l'agitateur. La hauteur de l'appareil est assez grande : $2^m,65$ à $2^m,75$, le nombre de tours de 300 à 400 ; la proportion de farine extraite représente de 1 à 4 p. 100 des sons traités.

La même maison construit également une brosse à arbre horizontal, sur lequel sont montées des brosses hélicoïdales, tournant à 300 tours. L'enveloppe blutante est métallique, et on peut l'approcher ou l'éloigner des brosses, pour faire varier

l'intensité du travail effectué. Cette brosse, peu encombrante (0^{m},90 à 0^{m},70 de hauteur, 1^{m},25 à 2 mètres de longueur, 0^{m},56 à 0^{m},68 de largeur), peut travailler à l'heure de 100 à 450 kilogrammes de marchandise.

Signalons enfin la *brosse Lafon* (fig. 76), toute métallique, qui comprend un tambour horizontal, fixe, tronconique, garni sur la partie inférieure de sa périphérie de tissu métallique ; à l'intérieur de l'enveloppe, tourne un arbre horizontal avec une vitesse de 265 à 500 tours. Sur cet arbre sont disposés trois supports, en prolongement des rayons de l'arbre, supports plus larges à une extrémité qu'à l'autre, de manière à épouser la forme tronconique de l'appareil; et sur ces supports, enfin, sont montées trois brosses, perpendiculairement à la direction précédente, de sorte que les brosses sont disposées tangentiellement à la surface interne de l'appareil.

CHAPITRE VI

TRAVAIL DES SEMOULES ET DES GRUAUX

Le broyage du blé, suivi du blutage, a donné au meunier, d'une part de la farine, produit terminé, et d'autre part un mélange de semoules, qu'il faut maintenant reprendre, pour en extraire la farine qu'elles contiennent encore.

SÉCHAGE ET DIVISION DES SEMOULES

Les semoules, soumises à l'action de la bluterie diviseuse sur boulange, n'ont été que grossièrement classées suivant leur taille ; en outre, soumises un temps insuffisant à l'action des appareils, elles retiennent encore une certaine proportion de farine adhérente à leur surface. On extrait tout d'abord cette farine adhérente, en faisant passer les semoules dans une bluterie sécheuse; on fait usage d'une bluterie ordinaire, à pans ou plane, qui peut être garnie d'une seule soie seulement, capable de retenir les semoules et de laisser passer la farine. Cette opération porte le nom de séchage : sécher un produit signifiant, en terme de meunerie, séparer un produit granuleux de la farine adhérente.

Les semoules sèches passent ensuite dans des bluteries, qui font la division sur semoules, c'est-à-dire qui, au moyen de soies à numéros appropriés, complètent l'action de la diviseuse sur boulange et donnent au meunier différents lots de semoules, exactement calibrées. La division des semoules peut également se faire sur un tamis plan, légèrement incliné sur l'horizontale, garni de soies à mailles différentes, disposées les unes à la suite des autres, en commençant par la plus fine. Le tamis est animé d'un mouvement de va-et-vient représentant par minute environ 450 oscillations.

CYLINDRES DÉSAGRÉGEURS ET CLAQUEURS

Parmi les semoules, il en est qui doivent être considérées séparément : ce sont les plus grosses, celles qui traversent les soies du nº 40 environ. Ces gros fragments sont réduits en fragments plus petits, semoules et finots, au moyen de cylindres désagrégeurs ou claqueurs. Pour les grosses semoules, représentant des fragments d'amande pure, on emploie de préférence des cylindres à surface lisse ; pour les grosses semoules retenant à leur surface une forte proportion d'enveloppe, on préfère des cylindres cannelés très finement. Ces cylindres sont montés et fonctionnent exactement comme les cylindres d'un broyeur, avec une vitesse moindre cependant. La réduction ou claquage des semoules s'obtient surtout par compression entre les cylindres, et, comme la marchandise ainsi serrée fortement adhère souvent à la surface des cylindres, il faut munir ces derniers de raclettes, comme nous le verrons un peu plus loin en parlant des convertisseurs. Les produits désagrégés subissent, après division, le même travail d'épuration que vont subir elles-mêmes les semoules provenant directement du broyage ; les semoules de désagrégeage sont réunies aux catégories correspondantes des semoules de broyage, et le tout ensemble repasse aux diviseuses, pour gagner ensuite les sasseurs et enfin les convertisseurs. Notons encore que le résultat cherché par le désagrégeage n'est pas obtenu d'un seul coup, et que les produits repassent, trois, quatre, cinq fois aux désagrégeurs; mais on cherche toujours dans cette opération à faire le moins de farine possible, on ne cherche qu'à fragmenter les semoules trop grosses en fragments plus petits pouvant utilement subir le sassage.

SASSAGE DES SEMOULES

La division des semoules fournit des lots de semoules exactement calibrées, mais qui sont loin d'avoir la même constitution. Les unes proviennent exclusivement de l'intérieur du grain : elles ne contiennent que de l'amande farineuse, elles

sont blanches d'aspect, et on leur donne le nom de semoules nues. D'autres semoules sont formées de fragments, qui, dans le grain entier, étaient un peu plus voisins de la périphérie et qui retiennent par conséquent à leur surface un fragment plus ou moins gros d'enveloppe ; les semoules sont légèrement colorées : elles sont bises ou vêtues. Enfin d'autres fragments sont constitués par les parties extérieures du grain ; la proportion d'enveloppe l'emporte alors tellement sur la proportion d'amande que l'on a véritablement affaire à des petits sons. Il est bien évident que la mouture du mélange de ces différents produits donnerait un résultat déplorable ; les semoules nues peuvent fournir de la farine blanche, qui serait inutilement souillée par les débris des semoules vêtues ; les semoules vêtues peuvent donner de la farine bise ; les petits sons doivent être éliminés. Il a donc fallu chercher un procédé permettant de trier les lots de semoules, d'après leur couleur, ou plutôt d'après leur densité, car, l'enveloppe étant plus légère que l'amande, plus une semoule sera blanche, et plus en même temps elle sera lourde. C'est ce classement qui porte le nom de sassage, et qui doit être fait sur les semoules de broyage, comme sur les semoules de désagrégeage. Ce triage particulier est obtenu en soumettant la marchandise à l'action d'un courant d'air convenablement réglé.

On peut concevoir l'opération de deux manières un peu différentes. Supposons en premier lieu qu'on laisse tomber verticalement un mélange de différentes semoules, chacune d'elles acquiert une certaine vitesse, qui serait, dans le vide, identique pour toutes les semoules, mais qui varie dans le cas présent, à cause des différences de résistance que l'air offre à chacun des composants du mélange. Si, maintenant, nous dirigeons un courant d'air oblique sur la nappe des produits qui tombent, ils subiront de ce chef une déviation dans leur marche. La grandeur de cette déviation dépendra, et de la force vive dont les semoules seront animées, et de la pression exercée par le courant d'air. Cette dernière est fonction à la fois de la vitesse propre de l'air et de la grandeur de la surface offerte par les semoules; on voit donc qu'il y a un très grand intérêt à diviser les semoules aussi exactement que pos-

sible, un courant d'air de vitesse déterminée devant correspondre à chaque lot de produits, pour que le sassage soit convenablement exécuté. L'influence de la dimension de la surface se fait d'ailleurs sentir avec beaucoup plus d'énergie sur les petites semoules que sur les grosses; aussi les premières devront-elles être calibrées avant le sassage avec plus de soin encore que les secondes, avec des soies dont les numéros se suivront de très près.

En second lieu, nous pouvons supposer que l'on projette dans l'air un mélange de semoules de même calibre et de densités différentes, comme on ferait au moyen d'un van ordinaire ; chaque particule va acquérir une force vive, qui dépendra de son poids, et qui croîtra avec lui : il en résulte que les particules lourdes iront plus loin que les particules légères; mais, ce procédé seul ne pouvant être suffisamment efficace, on le combine avec l'action d'un courant d'air. Les sasseurs, appareils chargés d'effectuer le sassage, peuvent agir au moyen d'air comprimé et refoulé, ou au contraire au moyen d'air aspiré et détendu. C'est ce dernier système qui est le plus employé dans les appareils modernes.

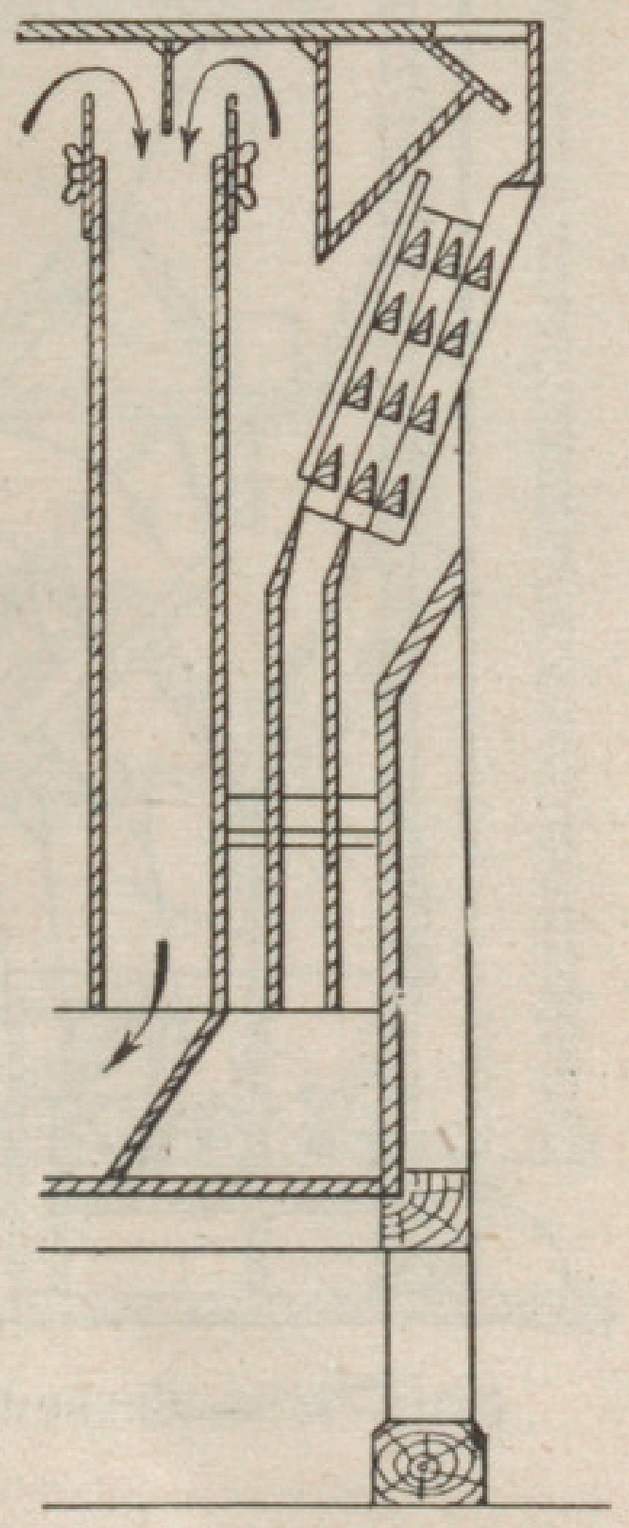


Fig. 77. — Sasseur Luther.

Voyons tout d'abord quelques systèmes de sasseurs, dans lesquels le courant d'air agit sur les produits qui tombent ; ces appareils sont plus spécialement réservés pour le travail des grosses semoules.

Dans l'appareil de *Luther* (fig. 77), le lot des semoules brutes est déversé dans l'appareil, au moyen d'une petite trémie d'alimentation ; il tombe ensuite dans un canal, où il subit l'action successive des courants d'air, qui frappent la nappe de marchandise, sous une inclinaison de 22°. Les semoules les plus lourdes, et par conséquent les plus blanches, sont à peine

déviées de leur course ; elles tombent dans une première cheminée, d'où elles sortent par l'intermédiaire d'un clapet automatique. Les semoules un peu moins lourdes subissent une déviation plus accentuée et se rassemblent dans une seconde cheminée placée en arrière de la première ; une troisième cheminée sert à l'évacuation des semoules encore plus légères que les deux précédentes, et par conséquent de qualité inférieure ; enfin les sons légers sont entraînés par le courant d'air et vont se déposer dans des chambres à poussières. L'appareil est muni d'un ventilateur tournant à 800 tours ; la dépression de l'air est de 50 millimètres environ, et sa vitesse, en traversant les produits à classer, de $2^{m},5$ par seconde. Cette vitesse est faible, mais s'explique par ce que l'air doit seulement dévier les produits dans leur chute. Souvent cet appareil est muni de deux tamis plans superposés, placés au-dessus du sasseur, et qui sont chargés d'opérer la division des semoules : le tamis supérieur extrait la farine et les finots ; le tamis inférieur classe les semoules en quatre lots, qui sont envoyés dans les quatre compartiments dont le sasseur est muni, et qui fonctionnent simultanément, chacun comme il vient d'être indiqué. Mais, le plus souvent, dans les grandes minoteries, la division des semoules est faite séparément préalablement au sassage.

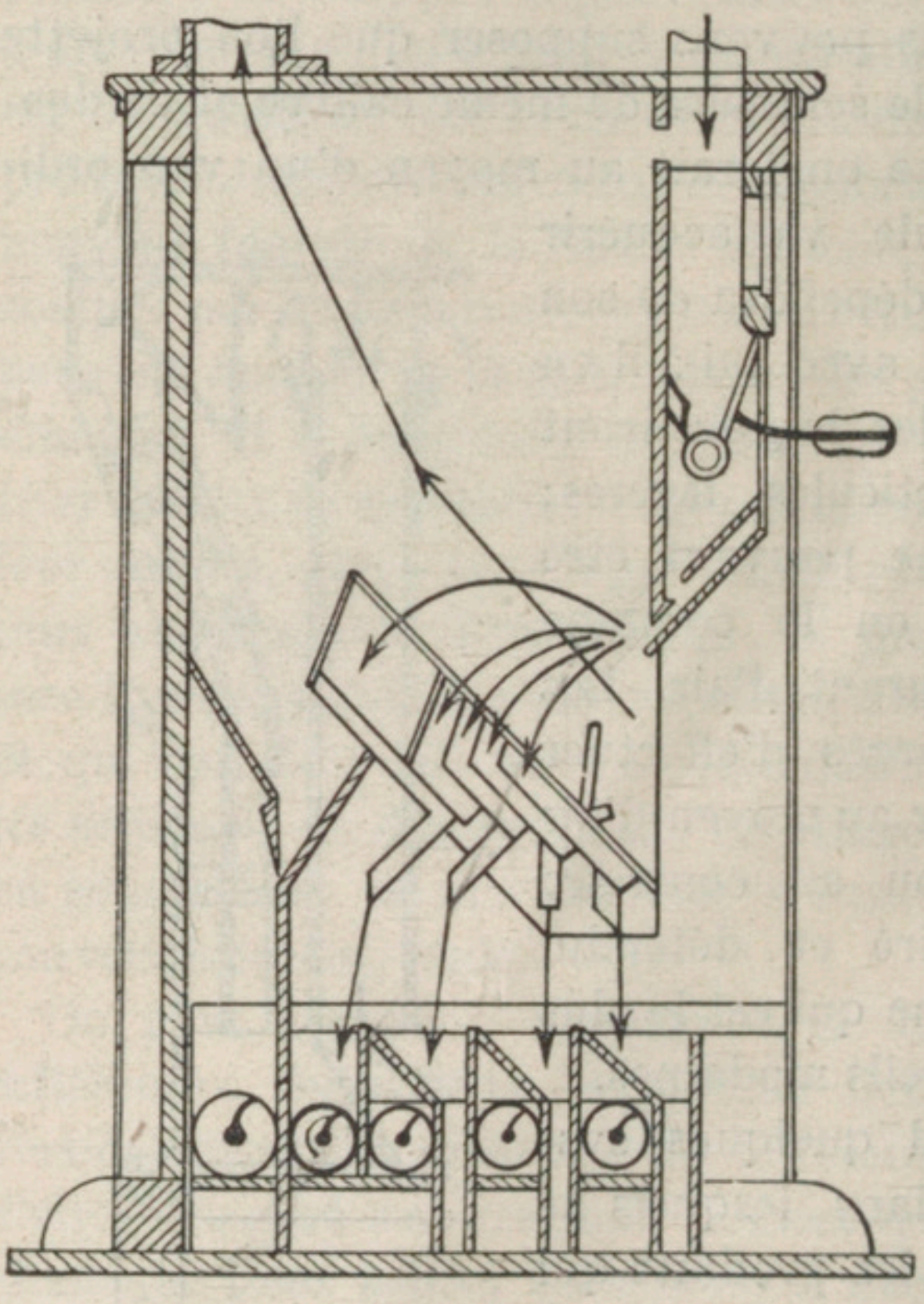


Fig. 78. — Sasseur Haggenmacher.

Haggenmacher (fig. 78) a imaginé un sasseur dans lequel le mélange des semoules est soumis plus longtemps à l'action du courant d'air. La marchandise est emmagasinée dans une trémie, que l'on maintient toujours suffisamment pleine pour que les produits aient une certaine pression en entrant dans l'appareil. Au fond de la trémie se trouve un rouleau distributeur, et un volet de tôle commandé par un contrepoids, faisant équilibre au poids de la matière contenue dans la trémie. Au sortir de cette trémie, les produits tombent sur un premier plan incliné, puis, par l'intermédiaire d'une petite cheminée verticale, sur un deuxième plan incliné qui les déverse dans le courant d'air, dont la direction est oblique. On sépare de cette manière six catégories, qui sont récoltées dans cinq compartiments placés les uns en arrière des autres ; la sixième catégorie, formée par les sons les plus légers, est entraînée dans le ventilateur, en même temps que le courant d'air lui-même. Une partie de ces particules légères est réunie aux produits de la cinquième catégorie, formée également par des sons, un peu plus lourds que les précédents, et récoltés dans le cinquième compartiment. Les quatre premiers compartiments fournissent des produits à remoudre, mais de qualité décroissante. Les produits des deux derniers compartiments sont extraits au moyen d'une si d'Archimède ; ceux des trois premiers sont évacués, soit par une vis également, soit par une trémie, leur poids

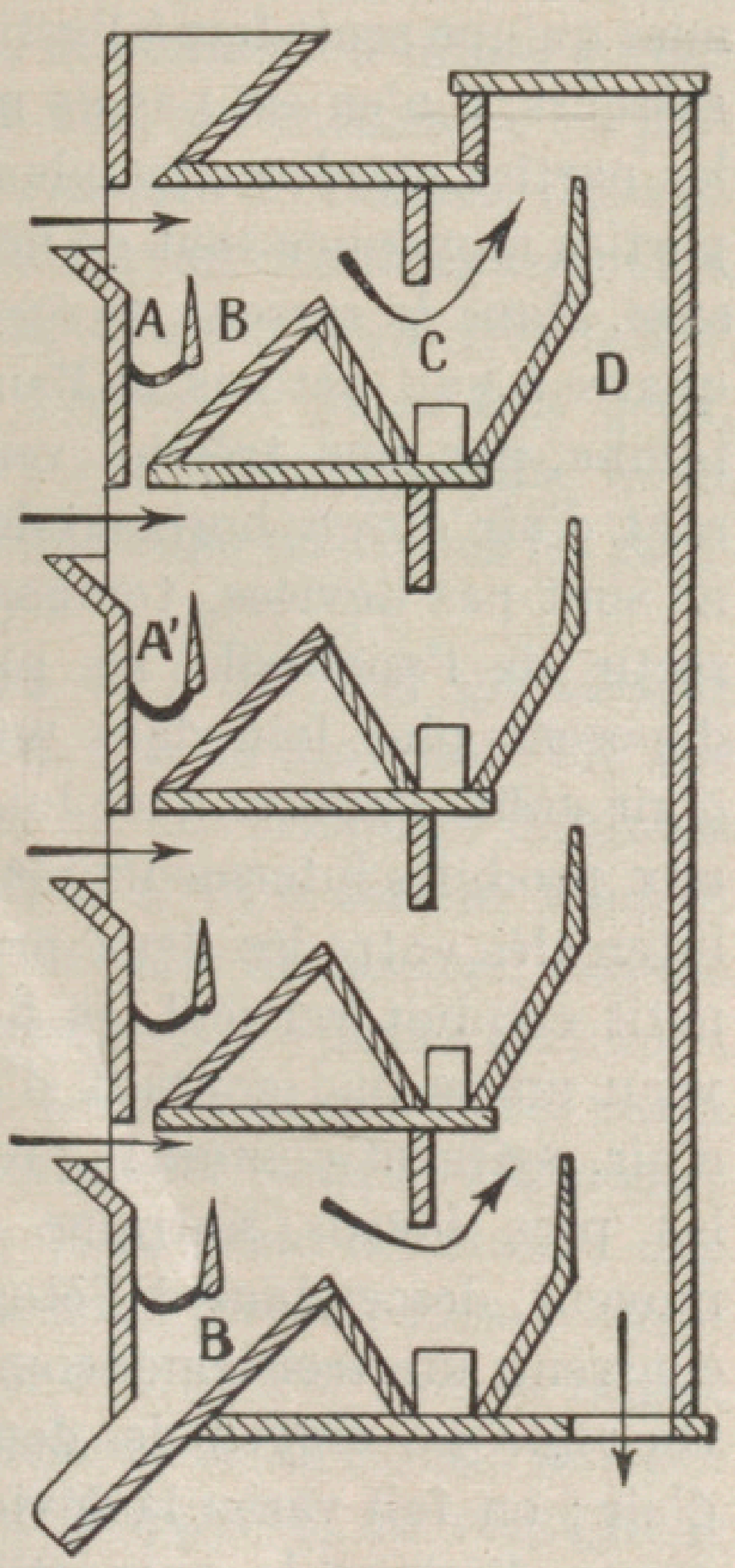


Fig. 79. — Sasseur Stein.

leur permettant de s'écouler directement. L'élément Haggenmacher peut traiter par heure, et par 100 millimètres de largeur, de 30 à 50 kilogrammes de semoules selon leur finesse.

Dans les appareils précédents, la marchandise n'est soumise qu'une seule fois à l'action du courant d'air; dans d'autres sasseurs, il n'en est pas de même: on élimine du premier coup les parties extrêmes les plus lourdes et les plus légères, et les parties moyennes sont de nouveau soumises au travail de sassage. Dans le sasseur de *Stein* (fig. 79), il y a de cette façon de quatre à huit actions de l'air successives. Le mélange à classer tombe, par une trémie, verticalement, et rencontre un courant d'air dirigé horizontalement ; les grosses semoules, qui ne sont pas déviées, tombent dans un collecteur qui les fait sortir de l'appareil; les particules de sons, entraînées, se déposent plus loin dans un autre collecteur ; et le courant d'air enfin emporte avec lui les pellicules les plus fines. Quant aux produits intermédiaires, ils se déposent dans une trémie, intercalée entre les deux premières, et de là coulent dans un petit conduit vertical, au bout duquel ils rencontrent à nouveau un second courant d'air horizontal. Ce second courant d'air, agissant comme le premier, ne touche pas aux produits les plus lourds, entraîne les sons, tandis que les produits moyens, descendant à l'étage immédiatement inférieur, rencontrent un troisième courant horizontal, et ainsi de suite. On règle au moyen de deux papillons la force du courant d'air ; on fait varier la déviation des produits et on augmente ou on diminue la proportion des rejets.

Signalons enfin, parmi les sasseurs de cette catégorie, l'appareil *Schnetzer* (ateliers Vulcan, de Buda-Pesth), dans lequel les semoules, s'échappant de la trémie d'alimentation, sont soumises à l'action d'un courant d'air transversal qui sépare six catégories, dont cinq sont recueillies dans des compartiments, et la dernière entraînée au ventilateur, comme dans le sasseur de Haggenmacher. Mais ici, les trois premiers lots, les produits lourds, subissent, dans les trémies d'évacuation, l'action d'un nouveau courant d'air, dirigé cette fois verticalement, de bas en haut, qui sépare les produits légers qui auraient pu

échapper au premier sassage. La sortie des marchandises classées se fait au moyen de clapets automatiques, qui empêchent la formation de faux appels d'air.

Dans les appareils que nous allons voir maintenant, les marchandises à sasser tendent à parcourir un chemin horizontal, sur une table de sassage perforée, de manière à laisser passer un courant d'air, dirigé de haut en bas, qui entraînera les particules de son, sans empêcher les semoules de tomber. Ces sasseurs, chargés plus spécialement du travail des fines semoules, ou finots, doivent opérer avec un courant d'air très faible, les marchandises à classer ayant toutes un poids très petit. Remarquons qu'on fait parfois servir ces appareils, mais alors avec un réglage différent, au sassage de toutes les catégories de semoules.

Le sasseur le plus simple, dans ce genre, est un sasseur surtout employé par les semouleries, qui au moyen de blé dur préparent des semoules à potages, ou des semoules destinées à la fabrication des pâtes alimentaires. C'est le *sasseur Maurel*. Il se compose d'un cadre de bois, ou table de sassage, disposé horizontalement, et sur lequel on tend, soit des peaux perforées, soit des soies ordinaires de bluterie. Les ouvertures de ces tissus sont telles qu'elles pourraient laisser passer toutes les semoules envoyées à l'appareil. Au-dessous de la table est établie une caisse de bois ayant la même dimension que le cadre, c'est-à-dire de $3^m,100$ à $4^m,200$ de long, sur $0^m,750$ à $0^m,900$ de large ; et cette caisse est divisée transversalement en un certain nombre de cases, de cinq à huit. En tête de l'appareil, un ventilateur est placé pour envoyer un courant d'air au-dessous de la table ; chacune des cases du coffre est munie d'un régulateur, qui permet de régler l'admission de l'air pour chacune d'elles. Les machines qui ont un petit nombre de divisions ne comportent qu'un seul ventilateur; les sasseurs les plus complets en ont besoin de deux. La table de sassage peut être animée d'un mouvement de va-et-vient, grâce à un excentrique et à des ressorts antagonistes ; la poulie de commande fait par minute de 400 à 450 tours.

Le mélange des semoules est déversé en tête de la table, au moyen d'une trémie, au fond de laquelle tourne un rouleau

distributeur. La marchandise, sollicitée aussitôt par le mouvement du tamis, tend à cheminer horizontalement à sa surface, pour aller se déverser à l'extrémité opposée au point d'arrivée ; d'autre part, les semoules tendent également à traverser les mailles du tissu, qui garnit la table et à tomber dans les compartiments du coffre ; alors intervient le courant d'air du ventilateur : envoyé sous la table de sassage, il a pour effet de soulever les produits les plus légers, d'annihiler l'effet de la pesanteur au profit du mouvement de translation, si bien que les semoules les plus lourdes peuvent seules se rassembler dans la première case du sasseur, tandis que les produits un peu plus légers peuvent se présenter au-dessus du second compartiment ; là, le même phénomène se reproduit, et l'on voit que plus on avance le long de la table de sassage, et plus les produits qui restent encore au-dessus du tamis deviennent légers et impurs ; à la sortie de l'appareil, il tombe enfin des petits sons. Souvent, on demande également à ce sasseur de faire une division des produits selon leur grosseur, et on garnit le cadre du tamis de lés de soies de numéros différents.

Dans le *sasseur de Rose*, le ventilateur est établi à la partie supérieure de l'appareil et agit alors par aspiration ; le tamis doit donc être recouvert d'une sorte de couvercle, non pas parallèle à la table de sassage, mais incliné par rapport à elle, plus rapproché du côté de l'alimentation que du côté de la sortie.

La *maison Buhler* construit un appareil de ce genre, muni de deux ventilateurs : l'un, agissant comme précédemment sous la table de sassage, sert à classer les produits ; l'autre, installé à la partie supérieure du bâti, sert à aspirer les sons légers, qui ne s'écoulent plus à la sortie de l'appareil, mais sont entraînés avec le courant d'air dans une chambre de dépôt.

Les sasseurs certainement les plus répandus dans les minoteries de blé tendre, sont les *sasseurs du type dit Réforme* (fig. 80); dans ces appareils, le courant d'air joue un rôle important : c'est lui qui est chargé de séparer les différentes classes de produits en entraînant les plus légers plus ou moins loin. On trouve tout d'abord, dans ce sasseur, une

table de sassage, garnie d'une ou de plusieurs soies de bluterie; cette table est, comme dans les appareils précédents, animée d'un mouvement de va-et-vient dans le plan horizontal; au-dessous de la table, circulent continuellement deux brosses aussi longues que la table est large; elles sont montées sur deux chaînes sans fin, et ont pour rôle de détacher les fines particules qui tendent sans cesse à rester adhérentes aux soies, en en bouchant les mailles. Les produits les plus lourds qui traversent les tamis sont recueillis dans une trémie

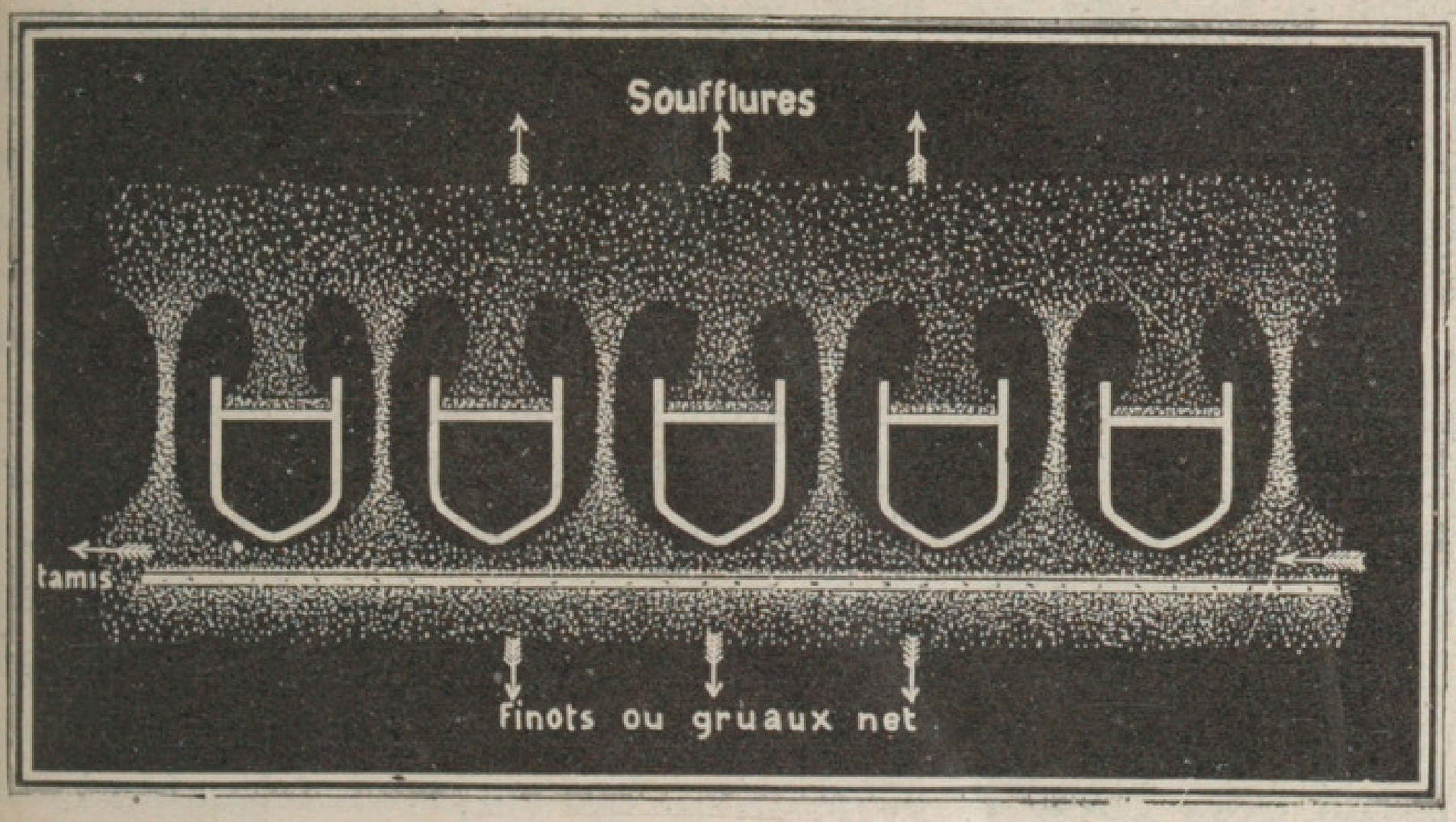


Fig. 80. — Sasseur Zénith

placée à la partie inférieure de l'appareil et évacués au dehors, grâce à une vis d'Archimède. Au-dessus de la table de sassage sont disposés les appareils destinés à récolter les produits légers ainsi que le ventilateur. Le tout est enfermé dans une grande caisse mesurant $1^m,85$ de hauteur, $0^m,95$ à $1^m,50$ de largeur pour les machines simples, et de $1^m,425$ à $2^m,070$ pour les machines doubles; la longueur est variable selon qu'il y a ou non une aspiration sur le refus du tamis: $2^m,480$ à $2^m,880$ sans aspiration et $2^m,730$ à $3^m,130$ avec aspiration pour les machines simples, $2^m,880$ sans aspiration et $3^m,130$ avec aspiration pour les machines doubles.

Le mélange qu'il s'agit de travailler est déversé en tête du

tamis ; quand on opère sur de grosses semoules, les mailles de ce tamis sont calculées de manière à ne pas laisser passer les gros éléments qui sont récoltés comme refus dans une case spéciale, en queue du tamis ; on peut ainsi opérer sur ces refus une aspiration distincte qui les épure de toutes les pellicules ou de tous les petits sons qu'ils peuvent encore contenir. Parmi les corps capables de traverser les soies de la table de sassage, les plus lourds tombent dans la trémie inférieure ; les autres sont entraînés avec le courant d'air, qui agit par aspiration, le ventilateur étant établi dans le haut du bâti. Dans les produits légers, on fait une nouvelle séparation. Au-dessus de la table de sassage on trouve toute une série de petits canaux, en zinc, larges de $0^m,03$ et séparés par des intervalles légèrement supérieurs. Ces canaux sont disposés comme les chevrons d'un toit dont l'arête serait placée au-dessus du milieu de la table et parallèlement à sa plus grande longueur. Tout ce système forme un tout, et, solidaire du tamis, participe à son mouvement de va-et-vient. Le courant d'air chargé des particules entraînées est obligé, pour se rendre dans le ventilateur, de passer dans les lumières étroites laissées entre les canaux ; il augmente ainsi de vitesse et se détend ensuite, abandonnant les corps les plus lourds, parmi ceux tenus en suspension. Ces corps, en retombant, se déposent sur les canaux de zinc et glissent le long de leur pente, ce mouvement étant favorisé par les secousses que reçoit tout l'ensemble ; en outre, dans les canaux, on a placé de petites tiges métalliques, retenues seulement à leur extrémité supérieure, et libres à leur extrémité inférieure ; ces petites tiges ballottent dans les canaux et facilitent encore le glissement des produits qui s'y sont déposés. Ces petits canaux inclinés déversent leur marchandise dans deux canaux placés de chaque côté de l'appareil, parallèlement à la grande dimension ; des vis d'Archimède en évacuent le contenu dans des sacs disposés à l'extrémité de la machine.

Poursuivant son chemin, le courant d'air, qui retient encore des produits légers, arrive au second étage du sasseur : il est constitué par des planchettes de bois, larges de $0^m,15$, disposées horizontalement, munies de rebords, et placées parallèle-

ment à la grande dimension de la table de sassage ; entre ces planchettes, on laisse un espace vide de $0^m,15$. Au passage du courant d'air entre ces planchettes, il se produit, comme précédemment entre les canaux de zinc, un laminage suivi d'une détente, puis d'un dépôt de particules. On obtient donc un produit nouveau, qui se dépose sur les planchettes, et que l'on évacue au dehors au moyen de brosses montées sur des chaînes sans fin, et qui viennent racler la surface des planchettes. Enfin les débris les plus légers sont entraînés par le ventilateur hors de l'appareil. On munit quelquefois ce genre de sasseurs d'un filtre de laine, qui empêche le départ de toute particule avec le courant d'air; mais, outre que la présence de ce filtre oblige à augmenter la puissance du courant d'air, le tissu, sujet à se boucher ou à se déchirer, occasionne souvent des mécomptes. Ces sasseurs peuvent être simples ou doubles, lorsqu'ils comportent un ou deux tamis de sassage, placés l'un à côté de l'autre, mais fonctionnant séparément ; l'avantage des appareils doubles est seulement de pouvoir traiter à la fois deux produits différents. La poulie de commande de ces sasseurs fait 500 tours par minute ; et on peut travailler à l'heure pour les appareils simples : de 200 à 600 kilogrammes de gros gruaux et de 120 à 350 kilogrammes de fins gruaux ; pour les appareils doubles (pour chaque moitié), de 100 à 300 kilogrammes de gros gruaux et de 50 à 200 kilogrammes de fins gruaux.

Le sasseur, construit par la *maison Seck* (de Dresde), est analogue au précédent ; il est construit, soit avec un filtre de laine, placé à l'entrée du ventilateur, soit sans filtre, et, dans ce cas, comme on veut rejeter dans le moulin de l'air absolument pur, on fait parcourir au courant d'air un chemin en chicanes, suffisamment long pour que toutes les fines particules enlevées à la table de sassage aient le temps de se déposer complètement. La séparation des différentes catégories de produits se fait comme nous l'avons vu, du moins pour les sasseurs simples ; dans les sasseurs doubles, les petits canaux de zinc, inclinés tout à l'heure en dos d'âne depuis le milieu de l'appareil vers chacun de ses côtés sont maintenant disposés en sens inverse : leur point le plus haut est placé vers le bord

de la machine, et les produits recueillis se déversent dans des canaux longitudinaux, établis dans l'axe du sasseur. Les sasseurs sont divisés au moyen de grandes cloisons transversales en compartiments distincts : quatre pour les appareils simples et huit pour les appareils doubles ; chaque compartiment a une aspiration spéciale, pourvue d'un réglage particulier. Dans les modèles les plus récents, des dispositions ont été prises pour assurer un réglage parfait de la position de la table de sassage ; il importe, en effet, que la couche de

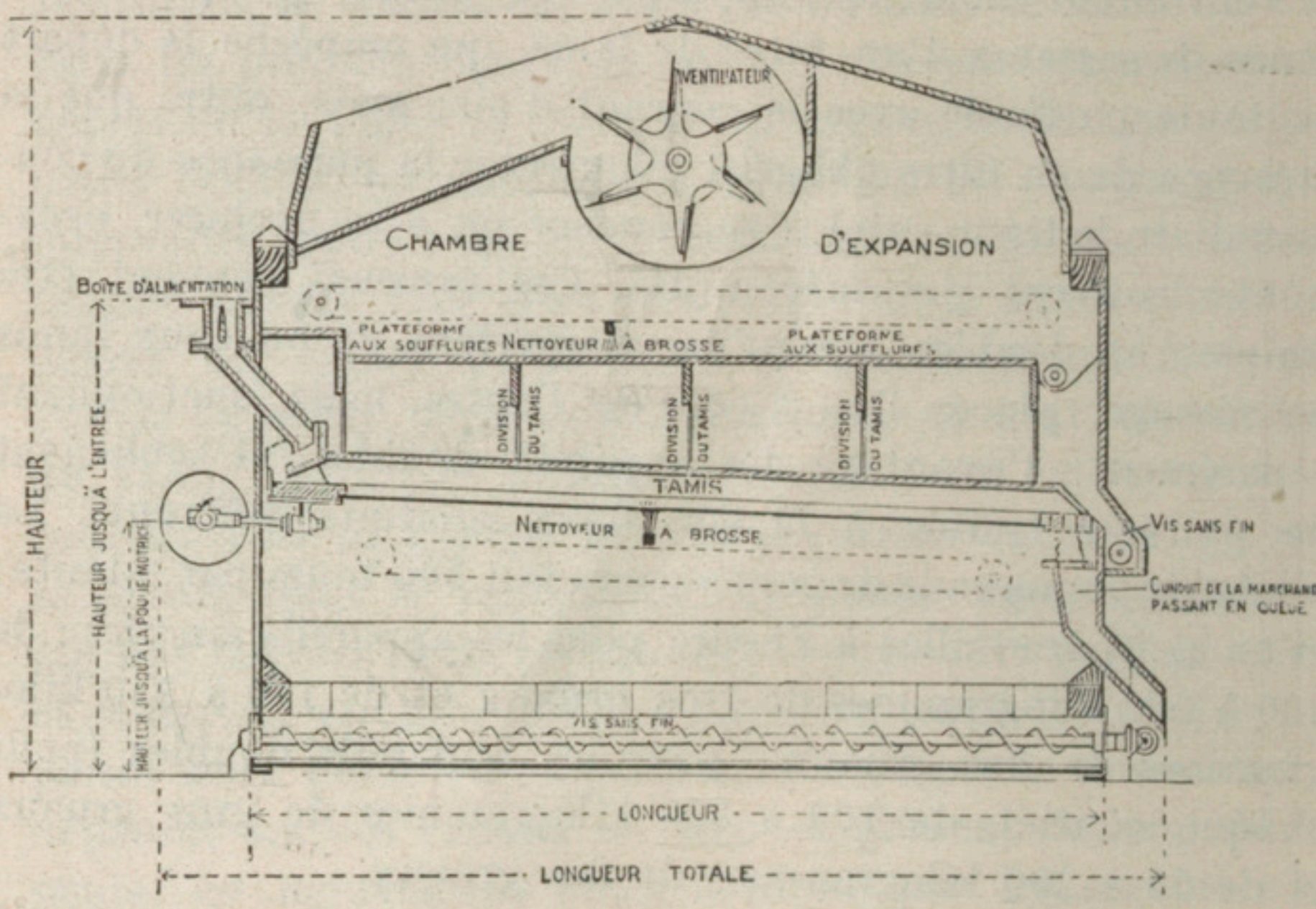


Fig. 81. — Sasseur Koh-i-noor.

marchandise soit répartie bien uniformément sur le tamis, sans quoi l'air passerait de préférence aux endroits les moins chargés, là où la résistance opposée serait la plus faible. Le tamis est donc suspendu au moyen de quatre tringles, filetées, traversant une console, et maintenues par un écrou, de manière qu'on puisse faire varier leur longueur ; les points d'articulation des tringles au tamis peuvent également se déplacer, de manière que la table de sassage puisse être placée absolument de niveau. En outre, pour dégager le plus possible la surface des tamis, pour en rendre l'accès et la surveillance plus faciles, on a supprimé les canaux de dépôt,

disposés en dos d'âne, signalés plus haut, et on les a remplacés par des cheminées d'aspiration. Ces cheminées occupent toute la largeur du tamis ; elles aspirent les produits légers au moyen de tubes télescopiques qui peuvent se rapprocher ou s'éloigner des soies ; ces tubes se déversent ensuite par deux ouvertures, infléchies vers le bas ; les produits qui se déposent sont récoltés dans un canal longitudinal, établi dans l'axe de l'appareil, et de là, deux plans inclinés, l'un à droite et l'autre à gauche, les font glisser dans les rigoles d'évacuation. On

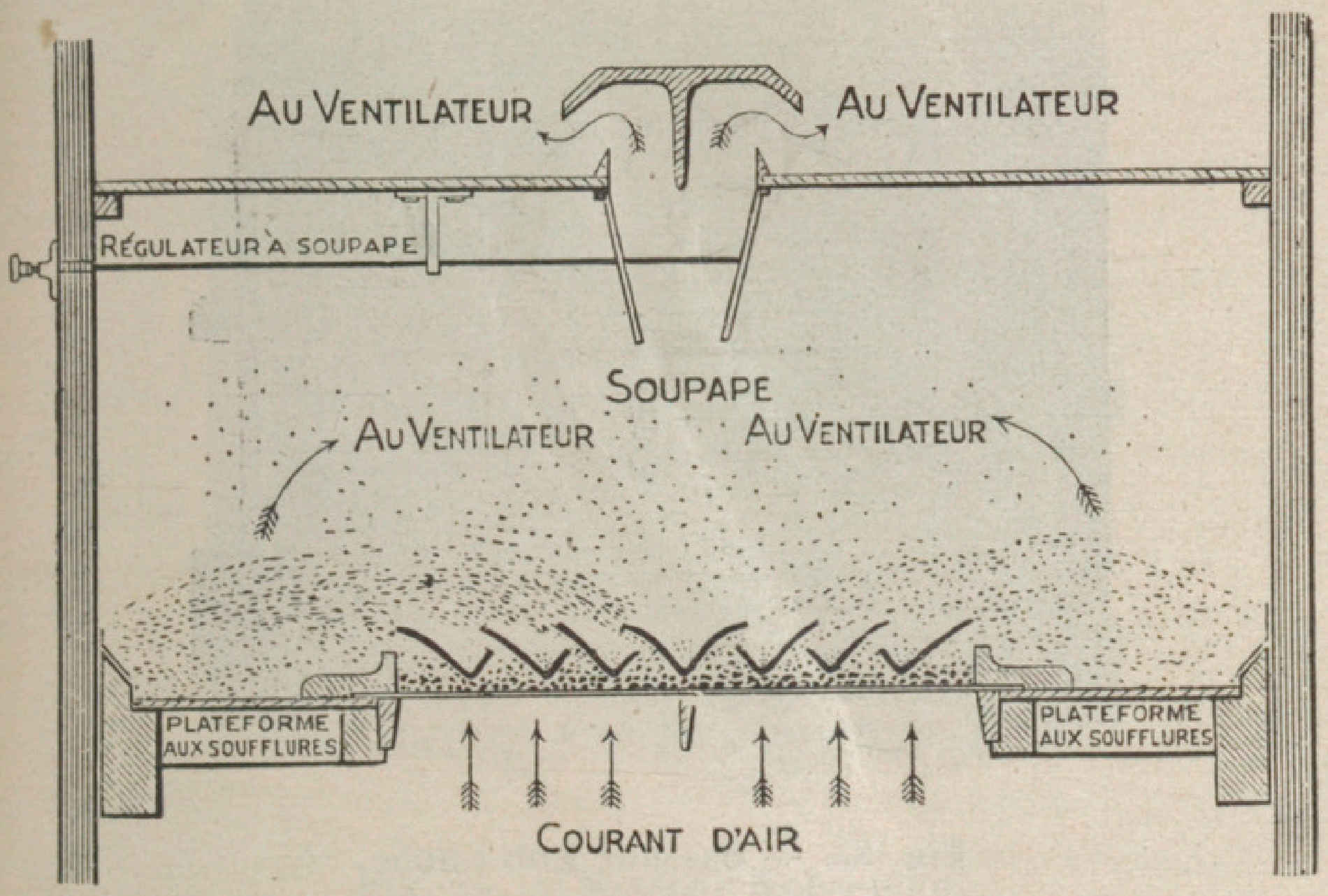


Fig. 82. — Sasseur Koh-i-noor.

peut, au besoin, récolter séparément les produits donnés par chacun des compartiments du sasseur pour régler en conséquence leur ventilation.

Le *sasseur Koh-i-noor* (fig. 81, 82, 83, 84) de la maison Robinson, fonctionnant toujours d'après les mêmes principes que les appareils précédents, est toutefois d'une construction différente. Nous trouvons ici un tamis incliné, portant sur toute sa longueur des soies différentes ou une soie uniforme, dégommées par la partie inférieure au moyen d'un jeu de brosses; la marchandise passant en queue du tamis est encore soumise à une aspiration. Les produits légers entraînés par

le courant d'air, appelé par le ventilateur situé à la partie supérieure de la machine, sont récoltés de la manière suivante : au-dessus de la table de sassage, est placé un capuchon à canaux de bois ; ces canaux sont constitués par de simples rigoles à deux pans, et qui sont disposés suivant toute la longueur de l'appareil, à la différence des canaux de récolte précédents qui se trouvaient en travers des tamis. Ces canaux

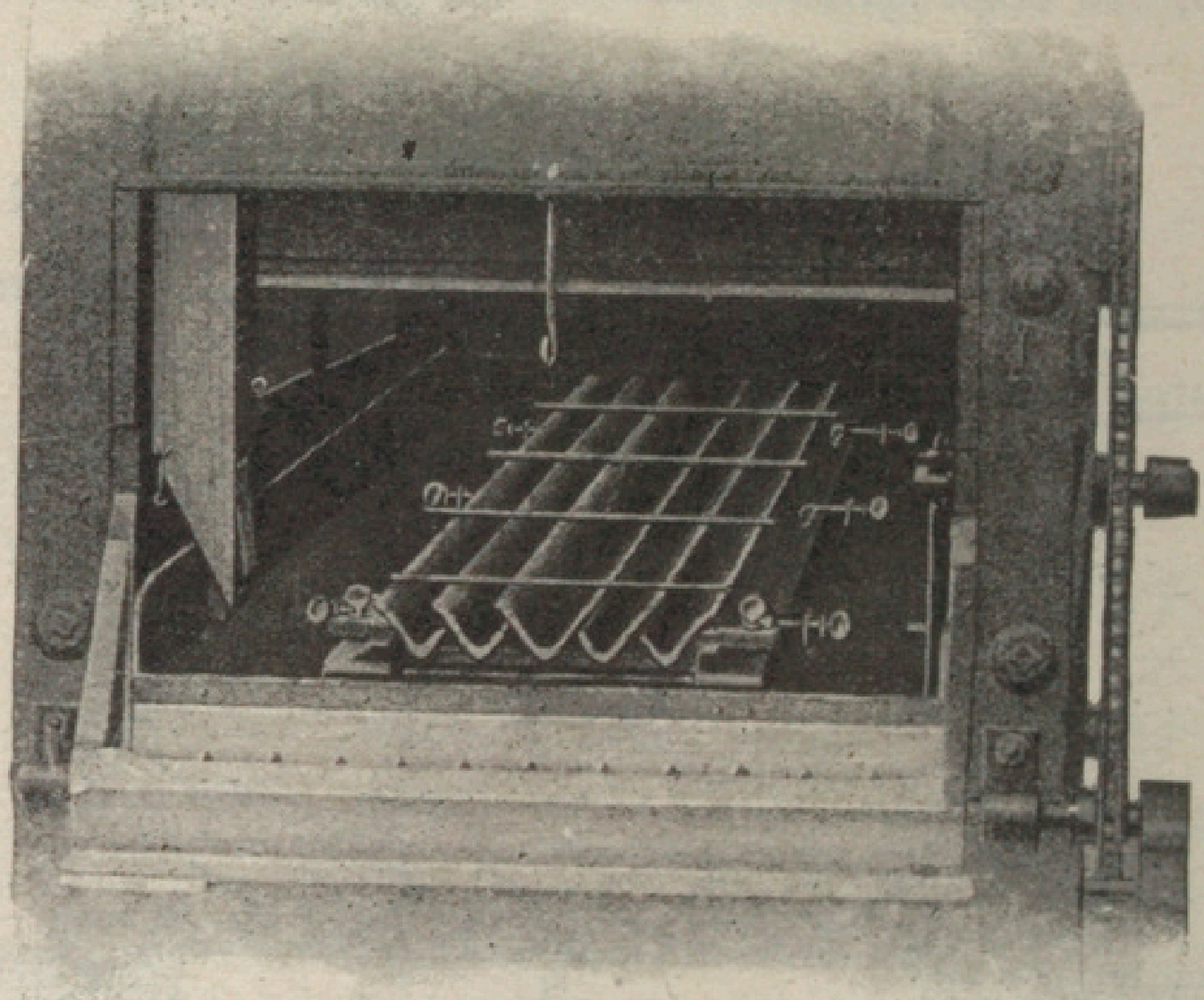


Fig. 83. — Sasseur Koh-i-noor.

sont au nombre de cinq ou sept : le canal central a ses deux faces égales ; les canaux latéraux du côté droit ont leur face de droite plus large que la gauche ; la disposition est inverse pour les canaux latéraux de gauche. Dans ces conditions, le courant d'air qui passe entre ces canaux se trouve rejeté à droite et à gauche, et les particules entraînées se déposent sur deux plateformes, le long desquelles elles glissent pour venir se rassembler dans une rigole où tourne une vis d'Archimède. Le courant d'air, traversant ensuite un conduit dont on règle l'ouverture, au moyen d'une soupape, pénètre dans une chambre d'expansion ; il se produit un nouveau dépôt sur deux nouvelles plateformes, qui sont nettoyées au

moyen de brosses sans fin, alimentant une seconde vis d'Archimède, et l'air purifié sort par le ventilateur.

La maison Robinson construit également un sasseur cyclo-pneumatique, fonctionnant sans soie, d'après le principe que nous avons exposé à propos des bluteries : cet appareil est réservé au traitement des finots les plus fins de broyage et de désagrégeage.

De même, la maison Rose, appliquant son système aéro-pneumatique au sassage des semoules, construit un appareil

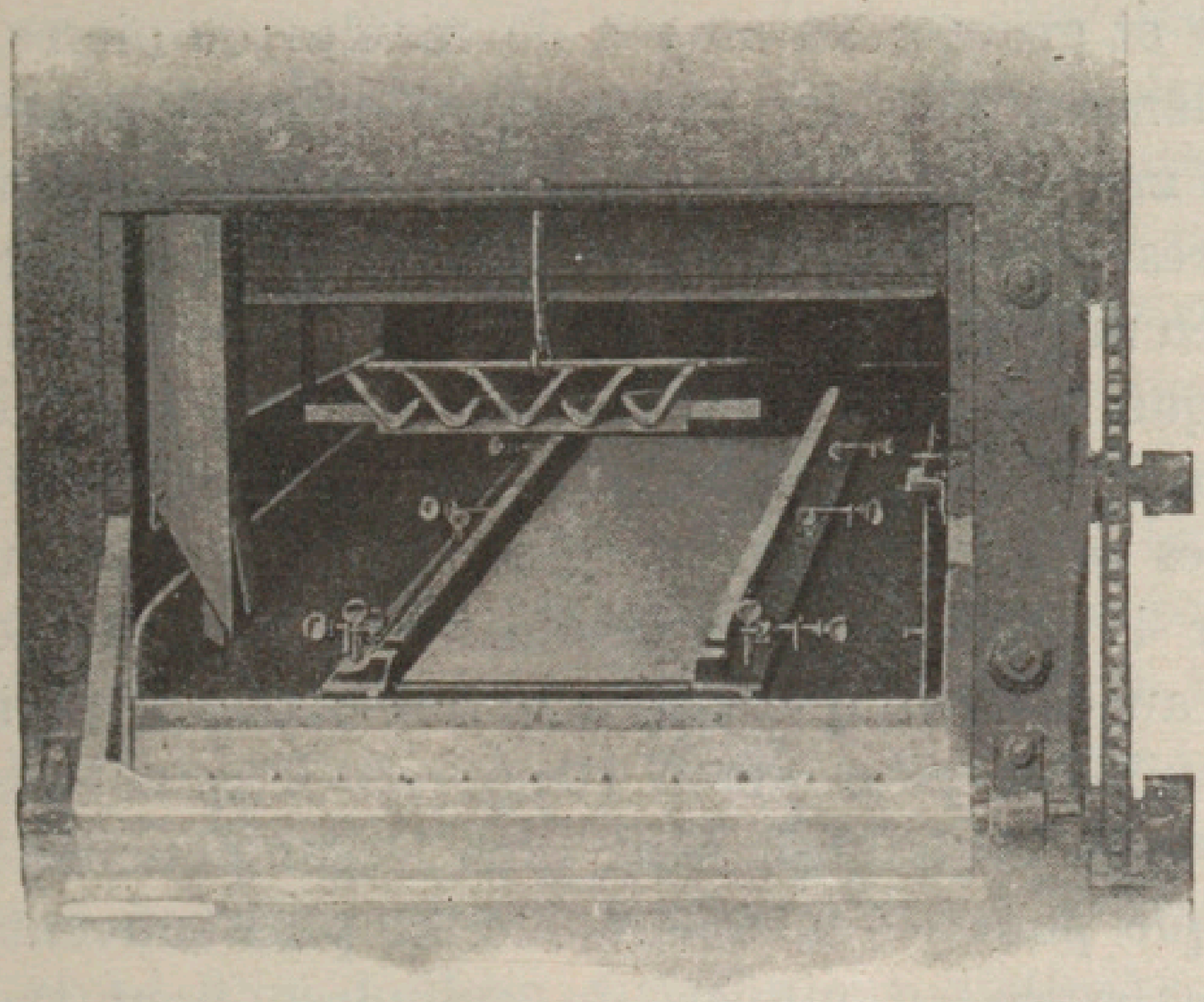


Fig. 84. — Sasseur Koh-i-noor.

dit *Radium*, formant un tout complet, sans aucune communication avec l'extérieur. Ces machines, à double ventilateur, peuvent effectuer simultanément plusieurs opérations : séchage complet des semoules, classification en produits lourds ou de qualité supérieure et produits légers ou de qualité inférieure, et enfin division et sassage de ces produits.

CONVERTISSAGE DES SEMOULES ET DES GRUAUX

Nous nous trouvons maintenant en présence de différents lots de produits bien uniformes de dimensions et de qualité;

ces produits, incomplètement moulus par le premier broyage qu'ils ont subi, retiennent encore à leur surface des fragments d'amande farineuse, ou sont même complètement formés de cette amande ; ils peuvent donc fournir une nouvelle quantité de farine, blanche ou bise ; il faut, par conséquent, leur faire subir une nouvelle mouture qui aura pour résultat de *convertir* en farine les fragments encore grossiers ; aussi cette opération porte-t-elle le nom de *convertissage*, et l'appareil employé, celui de *convertisseur*. A la vérité, on ne se sert pas toujours d'un nouvel instrument, et on effectue parfois la réduction des semoules et gruaux au moyen de meules de pierre ; et cela, non seulement dans les moulins qui opèrent le broyage lui-même au moyen des meules, mais encore dans certains moulins à cylindres, soit que le meunier ait voulu utiliser une partie de son ancien matériel, soit qu'il attende des meules un meilleur travail que des convertisseurs métalliques. Les meules destinées au travail des semoules et des gruaux sont faites des pierres les plus ouvertes, les plus éveillées, et, pour ne pas échauffer inutilement les produits du broyage, les meules ne sont au contact que sur une faible bande périphérique, sur la feuillère ; pour aérer l'appareil le plus possible, les rayons et les rhabillures sont plus larges pour les meules à gruaux que pour les meules à blé. Le plus souvent on opère le convertissage au moyen de cylindres, dont l'usage s'est introduit en meunerie en même temps que celui des broyeurs mêmes.

L'opération du broyage des semoules et des gruaux se fait donc par le passage des produits entre deux cylindres tournant en face l'un de l'autre, avec des vitesses différentes ; mais la surface des cylindres de convertissage est complètement lisse ; on agit seulement par la compression ; il ne faut pas risquer de déchirer par des cannelures les particules d'enveloppes qui se trouvent sur certaines semoules et qui viendraient tacher la farine obtenue : c'est une opération analogue à celle que nous avons vu pratiquer pour le claquage des grosses semoules, mais ici la pression à obtenir est beaucoup plus considérable.

Convertisseur de Ganz. — L'un des premiers convertis-

seurs, encore très employé aujourd'hui, est le convertisseur de Ganz, à trois cylindres, de fonte durcie et lisse. Ces trois cylindres sont superposés, mais les trois axes ne se trouvent pas dans le même plan vertical, le cylindre du milieu se trouvant un peu plus en arrière que les cylindres supérieur et inféreure Le cylindre du milieu est établi sur des paliers fixes; les deux autres sont montés sur des paliers mobiles, fixés sur deux balanciers disposés horizontalement à la partie supérieure et à la partie inférieure du bâti. Le cylindre central est seul commandé, et il communique le mouvement aux deux autres cylindres par l'intermédiaire de roues dentées : les deux roues de l'engrenage ont chacune le même diamètre, mais ces cylindres tournent cependant avec des vitesses différentes, parce que le cylindre central a un diamètre supérieur à celui des deux autres. On construit aussi cet appareil avec trois cylindres de même diamètre ; la commande se fait alors au moyen d'engrenages différents ; le rapport des vitesses des trois cylindres est de 29 à 35, c'est-à-dire que, si les cylindres lents font 165,7 tours à la minute, le cylindre rapide en fait 200. Cette disposition a été adoptée pour employer seulement trois cylindres au lieu de quatre, et pour pouvoir exécuter néanmoins deux moutures différentes. A cet effet, la trémie d'alimentation est divisée en deux par une cloison, et chacun des compartiments est muni d'un rouleau distributeur distinct ; la marchandise de l'une des trémies est conduite au moyen de plans inclinés, convenablement disposés, entre le cylindre supérieur et le cylindre médian, tandis que la seconde trémie déverse son contenu entre le cylindre médian et le cylindre inférieur. Comme le produit du convertissage a subi une très forte pression et se présente souvent sous forme de petites plaquettes de farine agglomérée, qui adhèrent aux cylindres et tendraient sans cesse à tourner avec eux, il faut, pour détacher ces produits, disposer de petites raclettes qui viennent frotter contre les cylindres et nettoyer leur surface. Les cylindres supérieur et inférieur sont munis chacun d'une raclette; le cylindre médian, qui remplit le rôle de deux cylindres, a besoin de deux raclettes. Enfin, pour compléter l'appareil, il existe un système de leviers et de ressorts qui permet, comme pour les

broyeurs à blé, de régler la position parallèle et l'écartement des deux cylindres extrêmes vis-à-vis du cylindre médian, tout en leur permettant de s'écarter pour laisser passer les corps durs étrangers.

Dans le convertisseur Daverio, les trois cylindres sont exactement superposés, les trois axes étant dans le même plan vertical ; cet appareil peut également faire à la fois deux moutures différentes entre ses trois cylindres ; il porte à cet effet une trémie d'alimentation double ; la marchandise destinée à être débitée entre les cylindres du bas est déversée dans des tuyaux de tôle verticaux qui la conduisent à un plan incliné, tandis que les produits moulus qui s'échappent des cylindres supérieurs passent entre ces cheminées verticales.

Ces convertisseurs spéciaux donnent des résultats excellents, mais ils compliquent l'outillage du moulin en lui apportant un nouvel engin ; on s'est aperçu qu'on pouvait parfaitement obtenir le convertissage des semoules et des gruaux en employant les moulins ordinaires de broyage ; il suffit seulement de remplacer les cylindres à cannelures par des cylindres de convertissage à surface lisse ; de cette manière, les ouvriers n'ont plus à connaître qu'un seul type d'outil, tous les réglages se faisant de la même manière. C'est ainsi que, par exemple, la maison Teisset, Chapron et Brault, comme toutes les autres maisons de construction, offre des convertisseurs qui ont exactement les mêmes dimensions que les broyeurs à blé ; seules diffèrent les vitesses de rotation des cylindres et les quantités de produits travaillés, comme le montre le tableau suivant :

	Nombre de tours.	Travail à l'heure.
Cylindres de $0^m,30 \times 0^m,18$...	220	200 à 225 kilogr.
— $0^m,40 \times 0^m,22$...	200	250 à 300 —
— $0^m,60 \times 0^m,22$...	200	550 à 600 —
— $1^m,00 \times 0^m,22$...	200	750 à 800 —
— $0^m,80 \times 0^m,25$...	200	750 à 800 —
— $1^m,25 \times 0^m,25$...	200	1.100 à 1.200 —

Convertisseur Wegmann. — Dans le convertisseur de Wegmann (fig. 85), à Zurich, les cylindres ne sont plus en fonte

durcie superficiellement ; ils sont en porcelaine, ou plutôt en biscuit, composé de feldspath, de quartz, de craie et de kaolin, le tout ayant subi une cuisson unique, mais très forte. On obtient de cette façon un produit extrêmement dur, qui n'est pas rayé par l'acier, et qui ne peut être travaillé que par le diamant. La surface de ces cylindres n'est pas lisse; elle présente un grand nombre de petites cavités qui retiennent les semoules à la surface du cylindre lent et leur permettent de subir pleinement l'action du cylindre rapide. Au début, les cylindres de porcelaine étaient fixés au moyen de soufre sur un noyau de fonte, traversé au milieu par l'arbre, mais le soufre se détachait souvent et l'arbre tournait alors à vide. Actuellement le cylindre (fig. 86) est préparé sous la forme d'un manchon de porcelaine de 4 à 5 centimètres d'épaisseur, et du diamètre convenable ; ce manchon est placé entre deux disques métalliques, alésés en leur centre pour recevoir l'arbre, les disques étant reliés l'un à l'autre au moyen de boulons. Pour augmenter la force d'adhésion, on interpose des bandes de papier entre la porcelaine et les disques ; tout ce montage est effectué à une forte pression. Ensuite, le cylindre, ainsi monté, est travaillé au sable quartzeux et à l'eau, et finalement tourné au moyen d'un diamant, serti dans un porte-outil en acier, et travaillant en présence d'un léger filet d'eau, pour éviter l'échauffement. Ces cylindres se font en six tailles ayant des diamètres de 220, 230, 300, 350 millimètres et

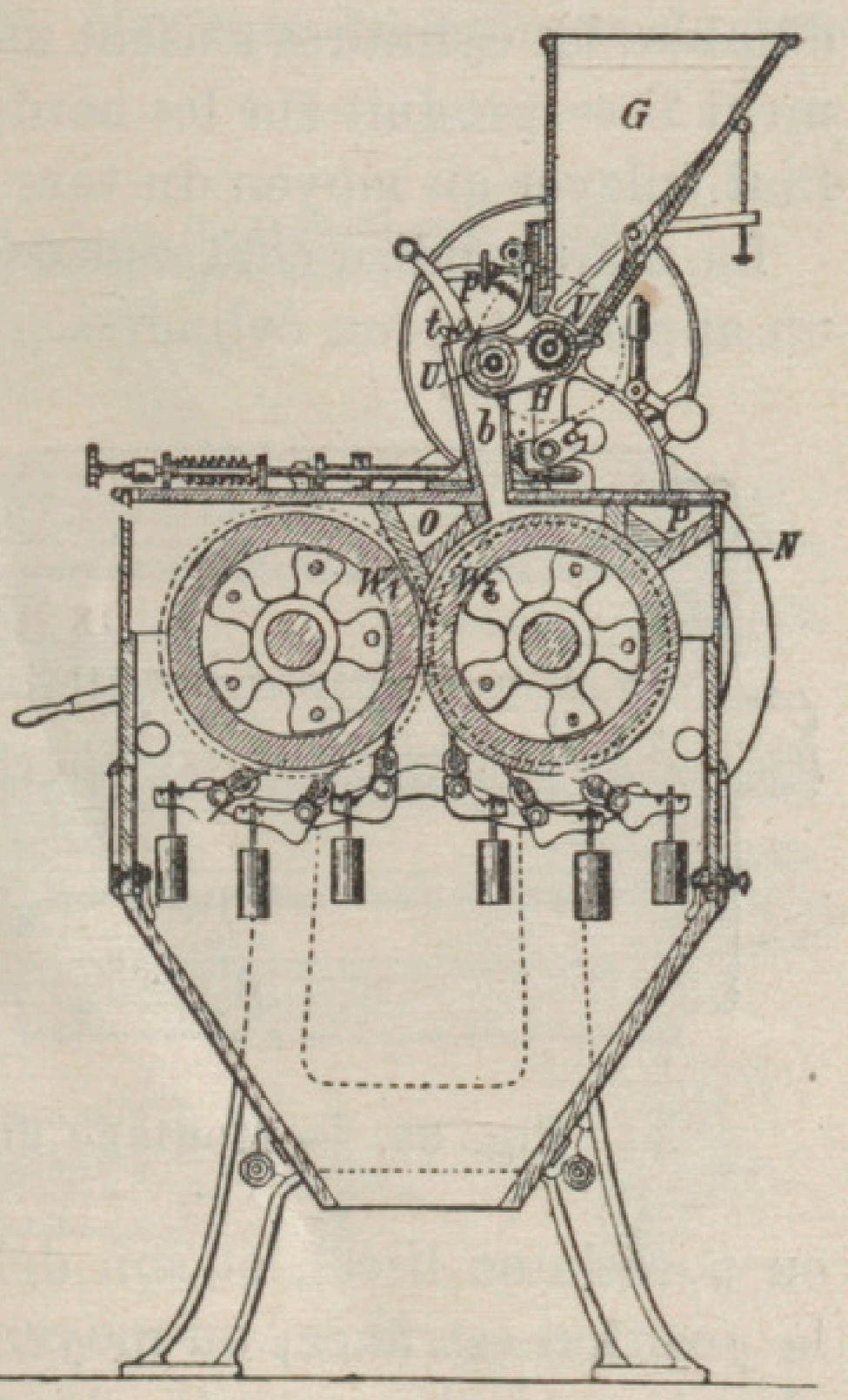


Fig. 85. — Convertisseur Wegmann.

des longueurs de 300, 400, 415, 600 et 1 000 millimètres ; ces dimensions étant diversement combinées entre elles, suivant les modèles. Il arrive parfois que les douilles de porcelaine éclatent quand les boulons sont trop serrés, ou quand il y a eu échauffement par une marche à vide trop prolongée ; mais, quand l'appareil est bien surveillé, la durée en est très considérable ; les cylindres s'usent uniformément ; à la longue seulement il se produit sur les bords un excédent de matière qu'il faut enlever au moyen du tour à diamant.

La marchandise contenue dans la trémie est distribuée par un appareil à deux cylindres (l'un en fonte cannelée et l'autre

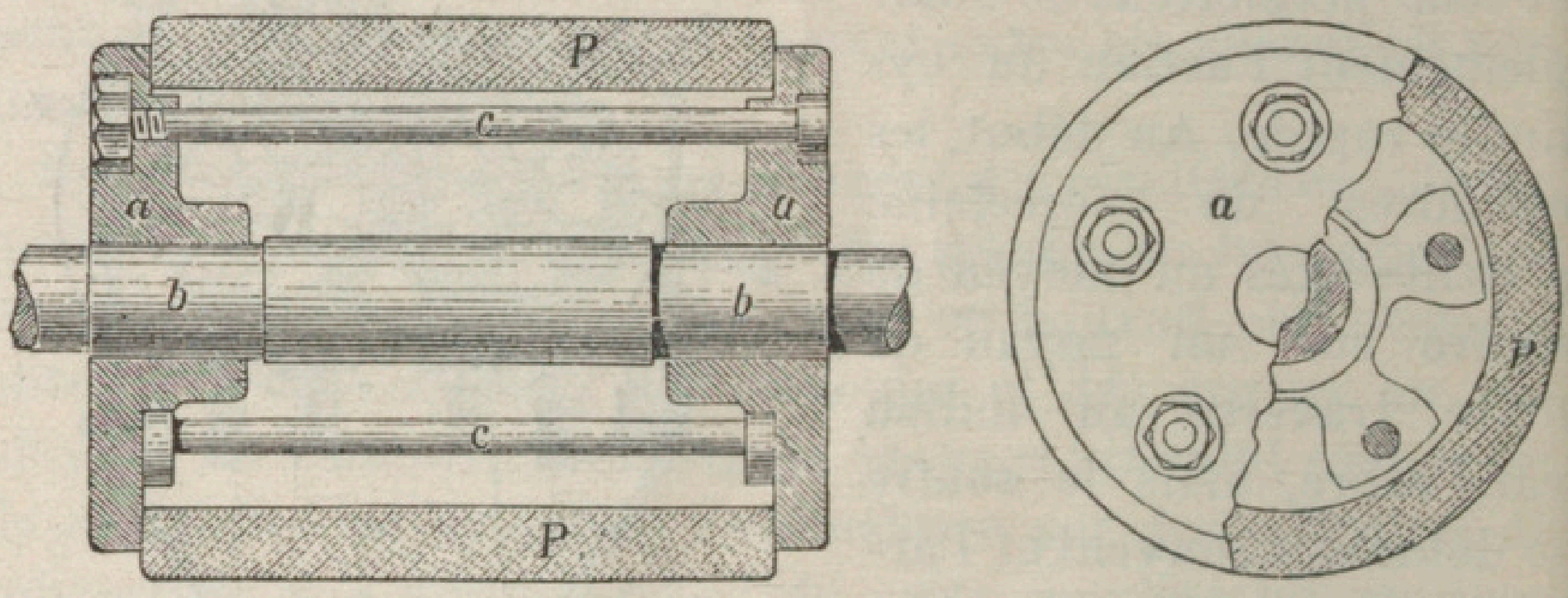


Fig. 86. — Montage des cylindres Wegmann.

en porcelaine lisse), et son débit est réglé par un tiroir dont la position est fixée, au moyen d'une crémaillère ; cette marchandise tombe ensuite dans une cheminée en bois qui la déverse, non pas entre les deux cylindres, mais bien sur le cylindre rapide, qui l'entraîne en la répartissant également. Les semoules qui ont passé ainsi entre les cylindres sont transformées en petites plaquettes de farine agglomérée, et qui adhèrent à la porcelaine beaucoup plus fortement qu'elles adhéraient à la fonte ; aussi chacun des cylindres du convertisseur est-il muni de trois raclettes : ces raclettes sont formées d'une tôle d'acier droite et affutée, montée à l'extrémité d'un levier dont l'autre bras supporte un contrepoids qui applique la raclette contre la porcelaine ; le contrepoids peut être plus ou moins éloigné de manière à régler la pression de la raclette : quand elle est neuve, on la presse forte-

ment contre le cylindre, jusqu'à ce qu'elle soit bien affutée; on diminue ensuite peu à peu la pression.

Des deux cylindres (fig. 87), l'un W_2 est établi sur des paliers fixes, l'autre W_1 a des paliers mobiles, montés sur un balancier vertical, oscillant autour d'un tourillon F. La liaison Z du balancier avec ce tourillon est rigide au-dessus et sur le côté, et elle est rendue élastique en dessous du tou-

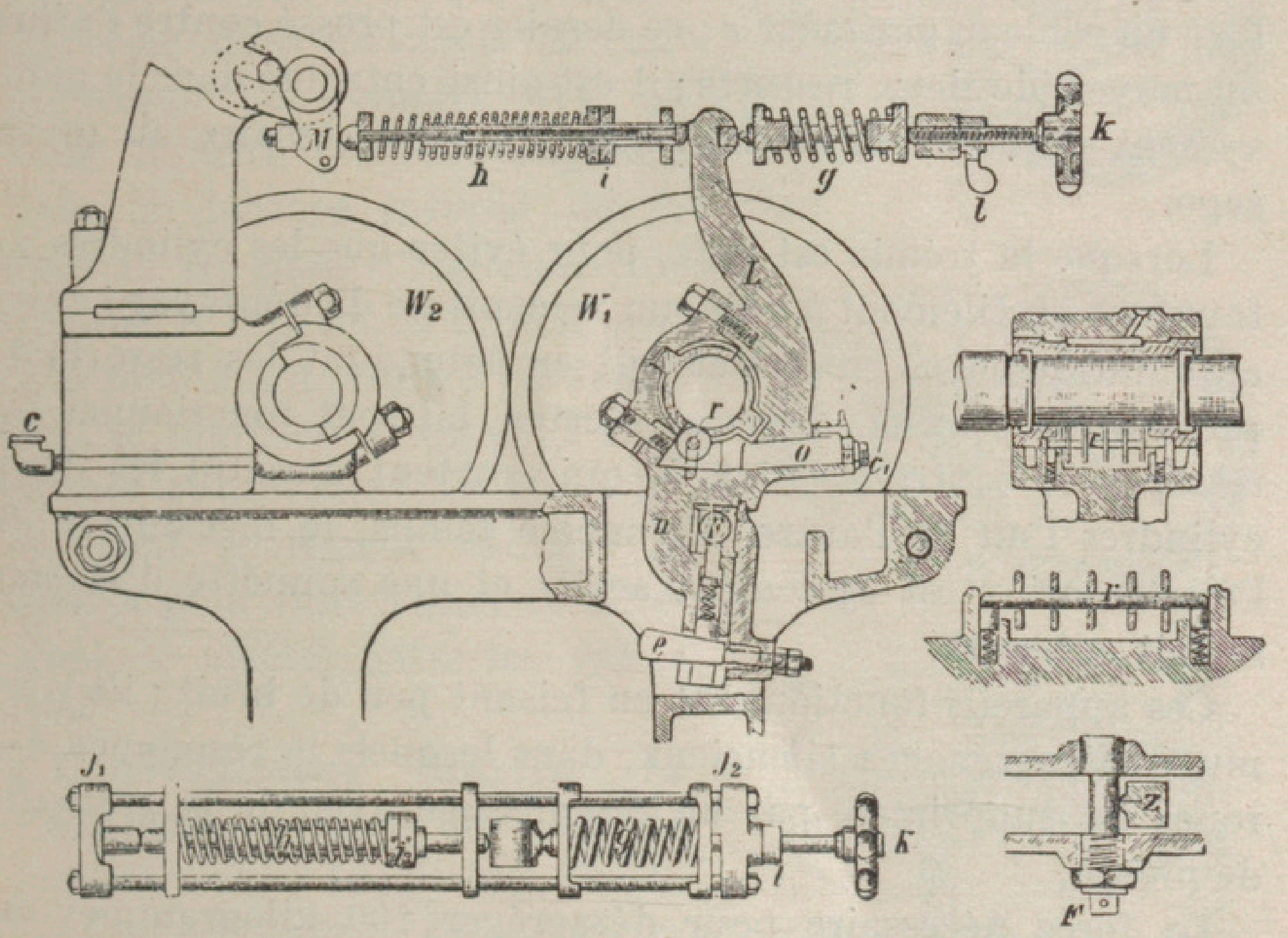


Fig. 87. — Réglage du convertisseur Wegmann.

rillon, grâce à un ressort à boudin, dont on règle le serrage au moyen d'une clavette *e* que l'on enfonce plus ou moins. De cette manière, le balancier non seulement oscille dans le sens des diamètres des cylindres, mais encore il peut se déplacer dans la direction verticale. La branche verticale du balancier est reliée par son extrémité à un point M, grâce à une bride J_1, J_2, qui est munie de deux ressorts, dont l'un *h*, le plus puissant, tend à appliquer les deux cylindres l'un contre l'autre, tandis que le second ressort *g*, plus faible que le premier, règle la contre-pression, au moyen d'un double écrou *i*. La pression est donnée par le volant *k*, fixé ensuite par l'écrou *l*. On établit ainsi la pression d'après la résistance

de la marchandise à traiter, et les cylindres cèdent automatiquement à tout effort anormal. On rend exactement les cylindres parallèles, grâce à ce que le tourillon F est muni d'épaulements excentriques, et que, en le faisant tourner, on change le nivellement des cylindres.

Le graissage automatique est obtenu au moyen d'un réservoir à huile O, rempli par une ouverture *c*, et dans lequel est logé un rouleau graisseur *r* ; ce dernier est pressé contre l'arbre au moyen de deux ressorts ; il est ainsi entraîné dans le mouvement de rotation et transmet l'huile nécessaire au graissage.

Lorsque la trémie est vide, pour éviter que les cylindres ne tournent inutilement à vide, un mécanisme de débrayage entre automatiquement en jeu, et agit en détendant les ressorts de pression *g*; ceux-ci, devenus inertes, laissent fonctionner les ressorts de contre-pression *h*, qui écartent aussitôt les deux cylindres l'un de l'autre. En même temps, le mécanisme de l'alimentation est également arrêté et une sonnette d'alarme se fait entendre.

Ces appareils fonctionnent en faisant peu de bruit ; ils sont munis d'engrenages silencieux, dans lesquels la résonance des roues est supprimée, par un remplissage avec de la grenaille de plomb.

La force nécessaire pour désagréger 100 kilogrammes de gruaux par heure est environ de 0,5 cheval ; la vitesse et le travail effectué par les différents modèles sont les suivants :

Cylindres de diamètre	220	300	350 millimètres.
Désagrégeage de gruaux par décimètre de longueur....	25	45	65 kilogrammes.
Mouture de finots.....	18	30	45 —
Vitesse périphérique.....	2,07	2,50	2,75 mètres.

Signalons encore, à propos des cylindres Wegmann, le système d'engrenage à rapprochement libre (fig. 88) dont ils sont munis. Il faut, en effet, pouvoir modifier l'engrenure des deux roues qui servent à obtenir la vitesse différentielle à cause de l'usure inévitable qui, au bout d'un certain temps, modifie le diamètre des cylindres. Le cylindre rapide W_2

porte, calée sur son axe, une petite roue dentée B, qui engrène intérieurement une roue R R_1 dentée intérieurement et extérieurement. Cette roue, doublement dentée, engrène à son tour avec la roue dentée A calée sur l'arbre du cylindre mobile W_1. La roue à double denture est montée sur un tourillon *z* qui peut se mouvoir dans un cercle E concentrique au cylindre W_2. La roue B reste toujours engrenée avec la denture interne de la roue R R_1 mais l'engrenure de la roue R R_1 avec la roue A peut être modifiée à volonté en déplaçant le tourillon *z* : on peut supprimer entièrement le contact on peut également changer la roue A pour faire varier la différence de vitesse entre les cylindres.

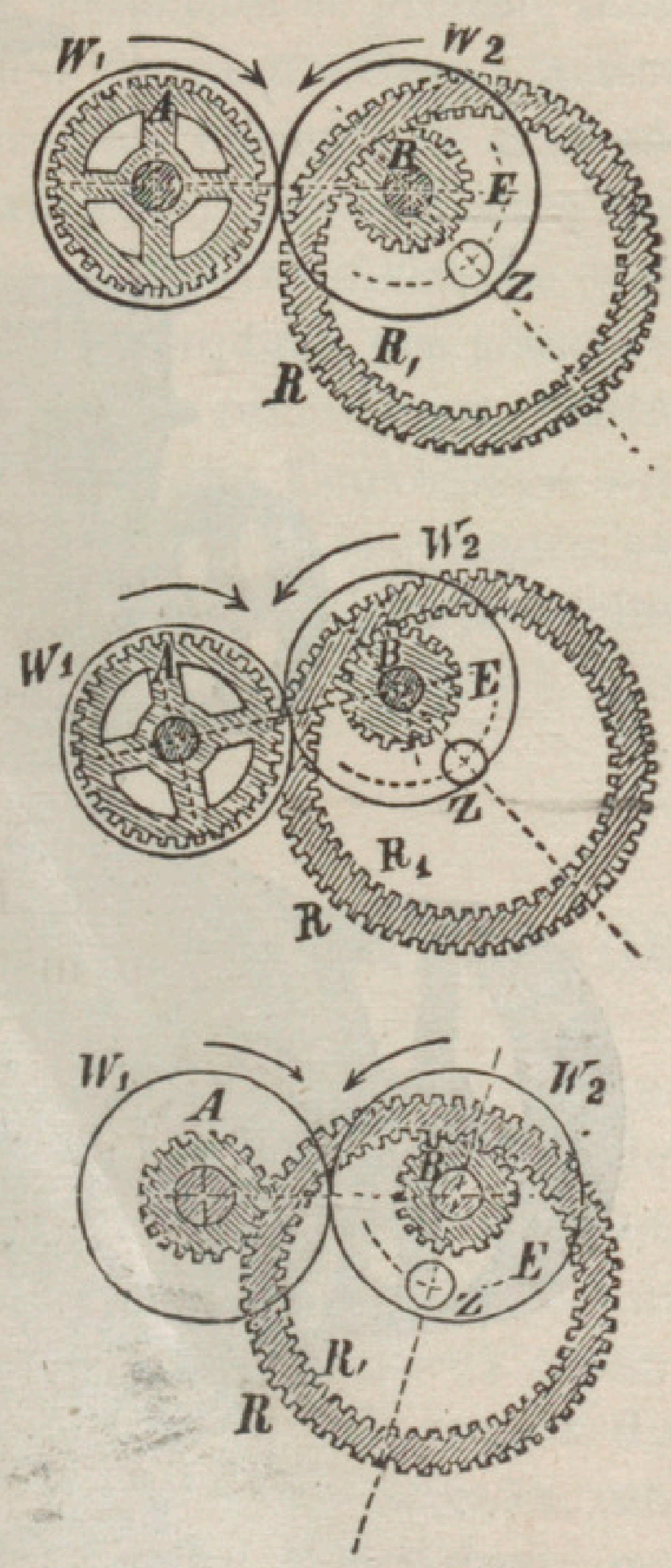


Fig. 88. — Engrenages à rapprochement libre de Wegmann.

Convertisseur Martin et Philippot. — Sous le nom de convertisseur « Idéal » (fig. 89), la maison Teisset, Chapron et Brault construit un nouvel appareil, imaginé par MM. Martin et Philippot. Ce convertisseur se compose d'un cylindre horizontal fixe, mesurant de 40 à 60 centimètres de diamètre, sur 35 à 45 de long. Ce cylindre, comme celui d'une machine à vapeur, a une chemise de fonte, de manière que, par une circulation d'eau, on puisse toujours le maintenir à une température constante. A l'intérieur du cylindre tourne, avec une vitesse de 220 à 135 tours, un tambour plein, de diamètre légèrement inférieur à celui du cylindre. Ce tambour supporte un jeu de galets, articulés, en acier cémenté ; les articulations sont garanties du contact des farines par des la-

melles de fer-blanc ; placés en avant des galets, des accélérateurs servent à régler l'avancement des marchandises. Les semoules ou gruaux, contenus dans une trémie, sont distri-

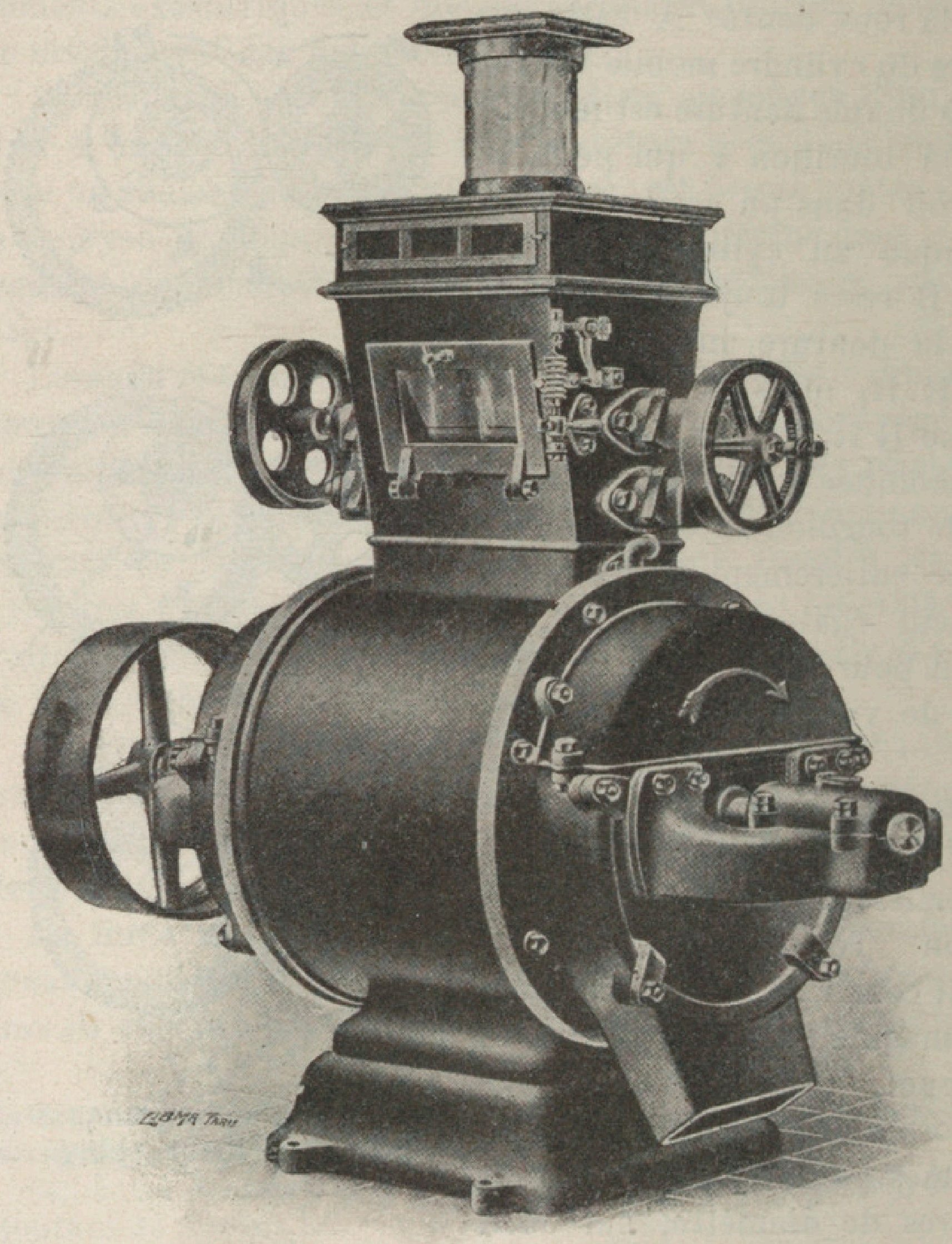


Fig. 89. — Convertisseur idéal.

bués par un rouleau cannelé, dans une vis, qui les fait entrer à l'une des extrémités du cylindre. La marchandise est alors projetée sur le cylindre contre lequel elle est comprimée et étirée par les galets, et sort à l'autre extrémité de l'appareil. En marche, il y a toujours entre les galets

et le cylindre une nappe de produits de 2 à 3 centimètres d'épaisseur ; l'action produite est donc continue, très douce, sans heurts de la part des galets ; les fragments de semoules roulent les uns sur les autres, et la réduction se produit ainsi sans donner lieu à une production de plaquettes. L'action produite est analogue à celle que l'on obtient en mettant des gruaux dans le creux de la main et en pressant avec une légère friction au moyen du pouce de l'autre main. Le traitement de gruaux blancs provenant du claquage des semoules donne de 50 à 75 p. 100 de farine ; les remoulages, traités dans cet appareil, sont attaqués sans que l'enveloppe soit pulvérisée. La circulation d'eau, pour refroidir le cylindre, est de 20 litres environ par minute. Les trois tailles, dans lesquelles se construit cet appareil traitent, par heure, de 100 à 130, de 190 à 220 et de 280 à 330 kilogrammes.

BLUTAGE DES PRODUITS DE CONVERTISSAGE

Un seul passage dans les moulins de convertissage ne donne pas la réduction complète des semoules en farine ; il sort des appareils précédents un mélange de farine et de fragments d'amande farineuse, plus petits que les fragments provenant du broyage ou du claquage, mais encore trop volumineux cependant pour compter comme farine. D'autre part, le travail des semoules vêtues donne un mélange de farine et de gruaux, ren fermant en outre des fragments d'enveloppe. Il faut donc, par un blutage, séparer les produits fins, qui sont terminés, des autres qui devront être, ou bien moulus à nouveau, ou bien rejetés. Mais une difficulté se présente ici ; les convertisseurs, avons-nous dit, travaillent par une forte compression et livrent une marchandise agglomérée sous forme de plaquettes, suffisamment consistantes pour que le travail dans les bluteries à pans, et à plus forte raison dans les Plansichters où l'agitation des produits est pour ainsi dire nulle, soit absolument impuissant à désagréger ces plaquettes et à mettre la farine, les gruaux, les débris d'enveloppes en liberté. Il a donc fallu créer un nouvel outil, capable d'imprimer aux marchandises

des secousses suffisamment fortes, et cet outil, c'est la bluterie centrifuge.

Bluterie centrifuge. — Cet appareil se compose en principe d'un tambour cylindrique, garni de tissu filtrant (fig. 90), à l'intérieur duquel tourne un agitateur, chargé de projeter la marchandise avec force contre la paroi du tambour, pour la désagréger et lui faire traverser la soie.

Le tambour cylindrique est le plus souvent horizontal : il mesure de 1^{m},50 à 3 mètres de long sur 500 à 740 millimètres

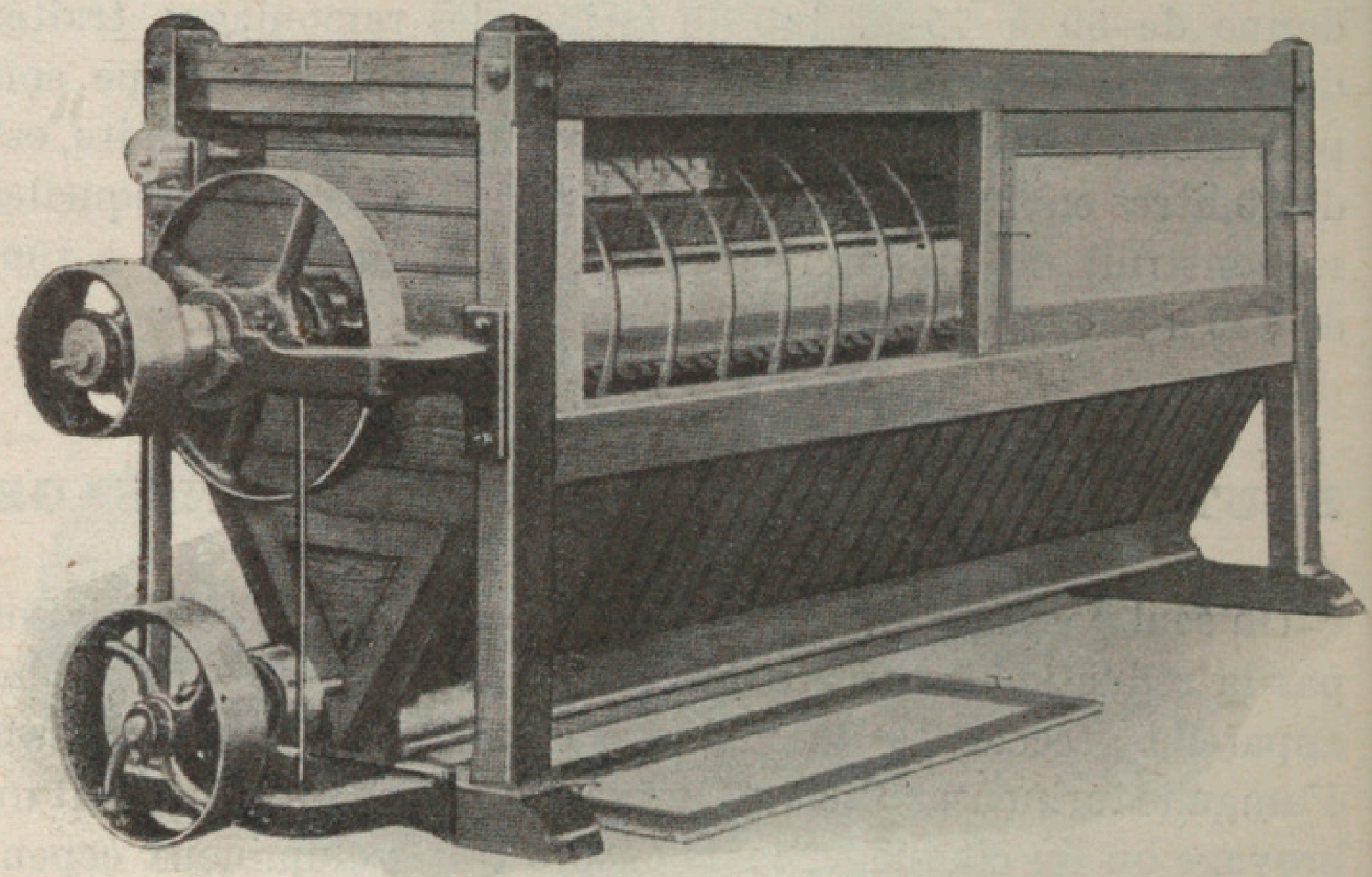


Fig. 90. — Bluterie centrifuge.

de diamètre ; il est constitué par une série de cerceaux métalliques ou de bois, espacés de 0^{m},20 à 0^{m},25 et reliés entre eux par des longuerines. La garniture blutante, formée le plus souvent par un seul lé de soie, se place intérieurement ou extérieurement aux cerceaux précédents. Le tissu est déroulé parallèlement à l'axe du tambour, dont la circonférence doit représenter exactement la largeur de la soie ; celle-ci est collée sur le bois, et les bords sont réunis par un lacet passé dans des œillets. Souvent la bluterie est garnie au moyen de panneaux démontables qui reposent sur des fers à T, où ils sont maintenus à l'aide de boulons à oreilles ; les fers reposent à leurs extrémités sur deux plateaux circulaires de fonte. Le

plus souvent, les panneaux ont la longueur du cylindre, et on en place de trois à cinq côte à côte selon le diamètre de l'appareil ; les surfaces de contact de deux cadres voisins sont garnies de flanelle, de manière à former un joint étanche. Les plateaux de fonte, qui à l'entrée et à la sortie soutiennent toute l'armature, portent en leur centre des tourillons creux pour laisser passage à l'arbre de la machine ; cet arbre porte des rondelles de feutre, à l'endroit des joints. L'entrée et la sortie de la marchandise dans le cylindre peuvent se faire de deux manières :

Du côté de l'entrée, se trouve un entonnoir de tôle qui traverse le fond du cylindre formant joint étanche ; du côté de la sortie, le fond présente une ouverture par laquelle l'agitateur projette le refus de la bluterie ; le cylindre tourne seulement dans l'ouverture d'une cloison, munie d'un joint, destinée à séparer le produit de rejet du produit bluté.

Quelquefois l'entrée et la sortie se font au moyen d'une vis sans fin. Les tourillons du cylindre sont alors de grand diamètre et renferment une petite vis qui est montée sur l'arbre de l'appareil : le tuyau d'amenée se déverse à l'entrée de la gouttière où tourne la vis qui entraîne la marchandise dans la bluterie ; du côté de la sortie, on trouve une seconde vis analogue à la première, isolée de l'intérieur du cylindre par un écran de tôle ; les agitateurs font passer les produits à évacuer par-dessus cet écran pour les lancer dans la goulotte où tourne la vis de sortie.

Le cylindre tourne sur lui-même, avec une faible vitesse, 30 tours à la minute environ, grâce à une grande roue dentée, venue de fonte extérieurement au plateau d'entrée, et qui engrène avec un petit pignon. Tout l'appareil est enfermé dans un coffre de bois, comme une bluterie à pans ordinaire, et dans le fond ou sur le côté du coffre est placée une vis d'Archimède pour l'évacuation des produits blutés.

A l'intérieur du cylindre se trouve le système des agitateurs : ces agitateurs sont constitués par des palettes en tôle, supportées par un croisillon, lequel est monté sur l'arbre horizontal de la machine ; cet arbre tourne à une vitesse de 180 à 250 tours, de manière que les palettes aient une vitesse péri-

phérique de 6m,50 à 7m,50. L'agitateur a un double but : projeter la marchandise contre la garniture de soie, et faire avancer les produits les plus gros vers la sortie.

Pour que le blutage se fasse dans les meilleures conditions, il faut que les particules se présentent à la surface tamisante, dans une direction normale à cette surface, de manière que les mailles offrent une ouverture de passage aussi grande que possible, cette ouverture se réduisant de plus en plus à mesure que l'arrivée de la marchandise se fait sous une direction de plus en plus oblique. Pour cela, on a été conduit à éloigner les palettes le plus possible de la soie, de manière à augmenter l'angle d'arrivée ; on ne peut pas cependant diminuer outre mesure la longueur des croisillons qui supportent les palettes ; sans quoi le chemin à parcourir par les particules projetées avant d'atteindre la soie deviendrait trop considérable, et la pesanteur aurait alors le temps d'agir pour les faire dévier de leur trajectoire. La distance comprise entre l'extrémité des palettes et la garniture varie de 25 à 65 millimètres. Lorsque les croisillons sont très courts, il faut munir le cylindre d'un dispositif spécial pour relever les marchandises qui s'accumulent sur le fond de l'appareil et que les palettes ne peuvent plus atteindre elles-mêmes. Le nombre des palettes est très variable ; sur des croisillons de 600 millimètres, on peut en placer huit.

Pour mieux favoriser le déplacement des marchandises vers la sortie, on réalisait les agitateurs au moyen de lames hélicoïdales ; on emploie aujourd'hui des lames de tôle droites découpées, sous forme de dents ; les dents ne se trouvent pas toutes dans un même plan contenant également l'axe ; elles sont inclinées par rapport à cet axe de 12 à 14 degrés, suivant la rapidité avec laquelle on veut voir les produits traverser la bluterie. On peut, suivant les cas, faire varier la position des palettes sur les croisillons.

Extérieurement au cylindre tamiseur, on trouve une ou plusieurs brosses spirales qui tournent contre les soies pour les débarrasser sans cesse des produits qui tendent à les obstruer.

Ces appareils ont une très grande action ; on les emploie non seulement pour le traitement des produits de convertissage,

mais encore pour le blutage de certains produits difficiles à travailler, mousseux, comme disent les meuniers, et notamment les produits de fin de broyage.

La bluterie centrifuge donne d'excellents résultats; mais, pour entraîner les agitateurs métalliques à une grande vitesse, il faut faire une grande dépense de force ; il serait donc préférable de bluter les produits de convertissage dans les bluteries ordinaires, mais il faut, dans ce cas, détruire auparavant

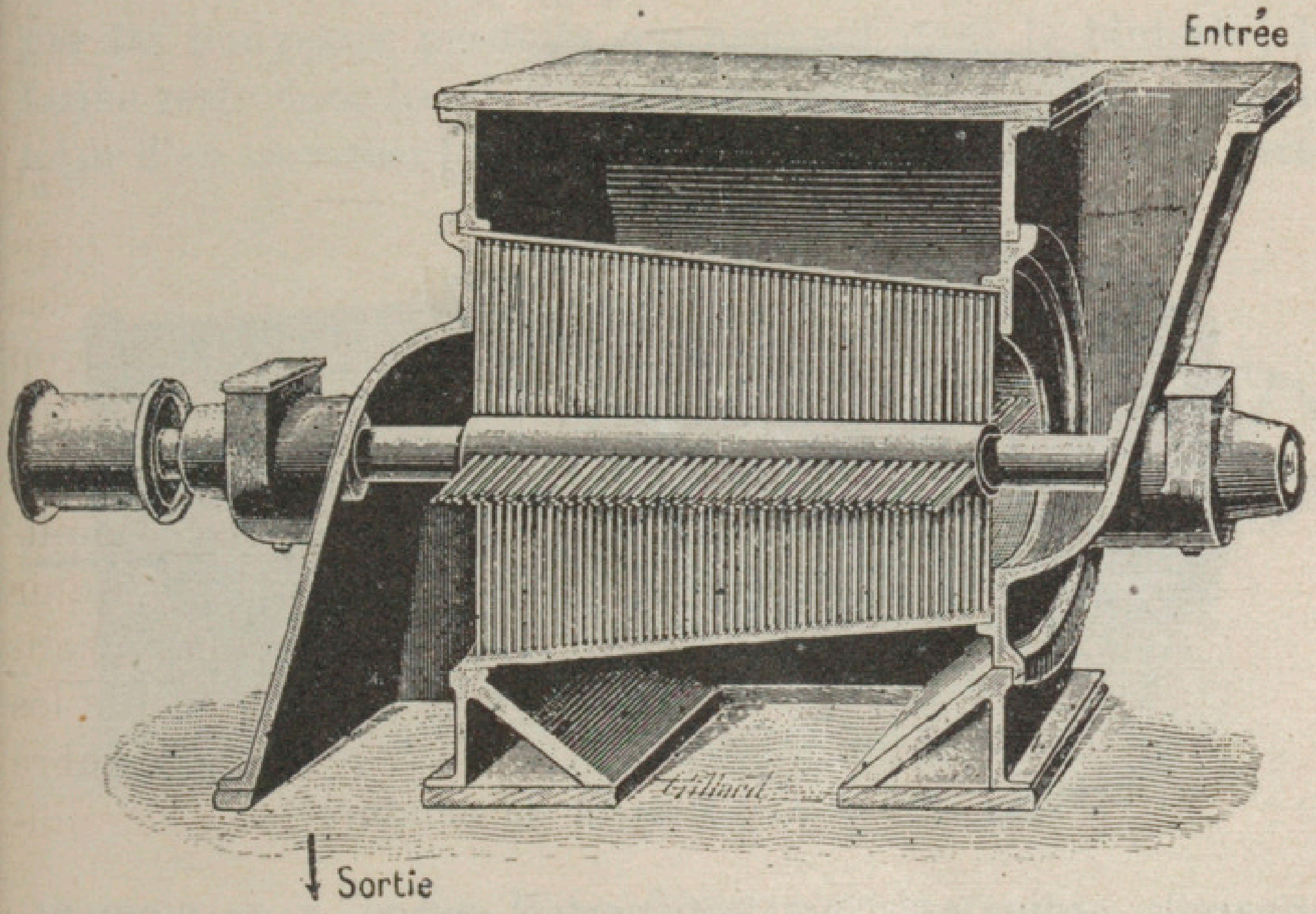


Fig. 91. — Nouveau détacheur pour cylindres broyeurs.

l'agglomération des plaquettes au moyen d'un détacheur.

Détacheurs. — Le détacheur à brosse se compose d'un tambour de bois portant des fibres végétales et tournant avec une vitesse de 300 à 600 tours. Cette brosse tourne contre une toile en fil d'acier, qui peut être écartée ou rapprochée de la brosse, de manière à régler l'énergie du travail, ou à compenser l'usure des fibres. Le diamètre de la brosse est de 225 millimètres et sa longueur de $0^{m},50$ à 1 mètre.

La maison Teisset, Chapron et Brault, construit un nouvel « accélérateur de mouture » (fig. 92), entièrement métallique, qui se compose de quatre batteurs formés de quatre lames échancrées tournant à 1 200 tours dans une enveloppe cylin

drique. L'appareil, mesurant de 600 à 1 150 millimètres de long, sur 350 à 400 millimètres de large et 400 millimètres de haut, peut travailler par heure de 250 à 1 000 kilogrammes.

Les détacheurs Lafon (fig. 91) se composent d'un agitateur à quatre rangées de broches, tournant dans une enveloppe tronconique : les produits entrent par la petite base et sortent par la grande ; la vitesse de rotation est de 1 100 à 1 750 tours.

La marchandise ainsi « détachée » peut être blutée dans les

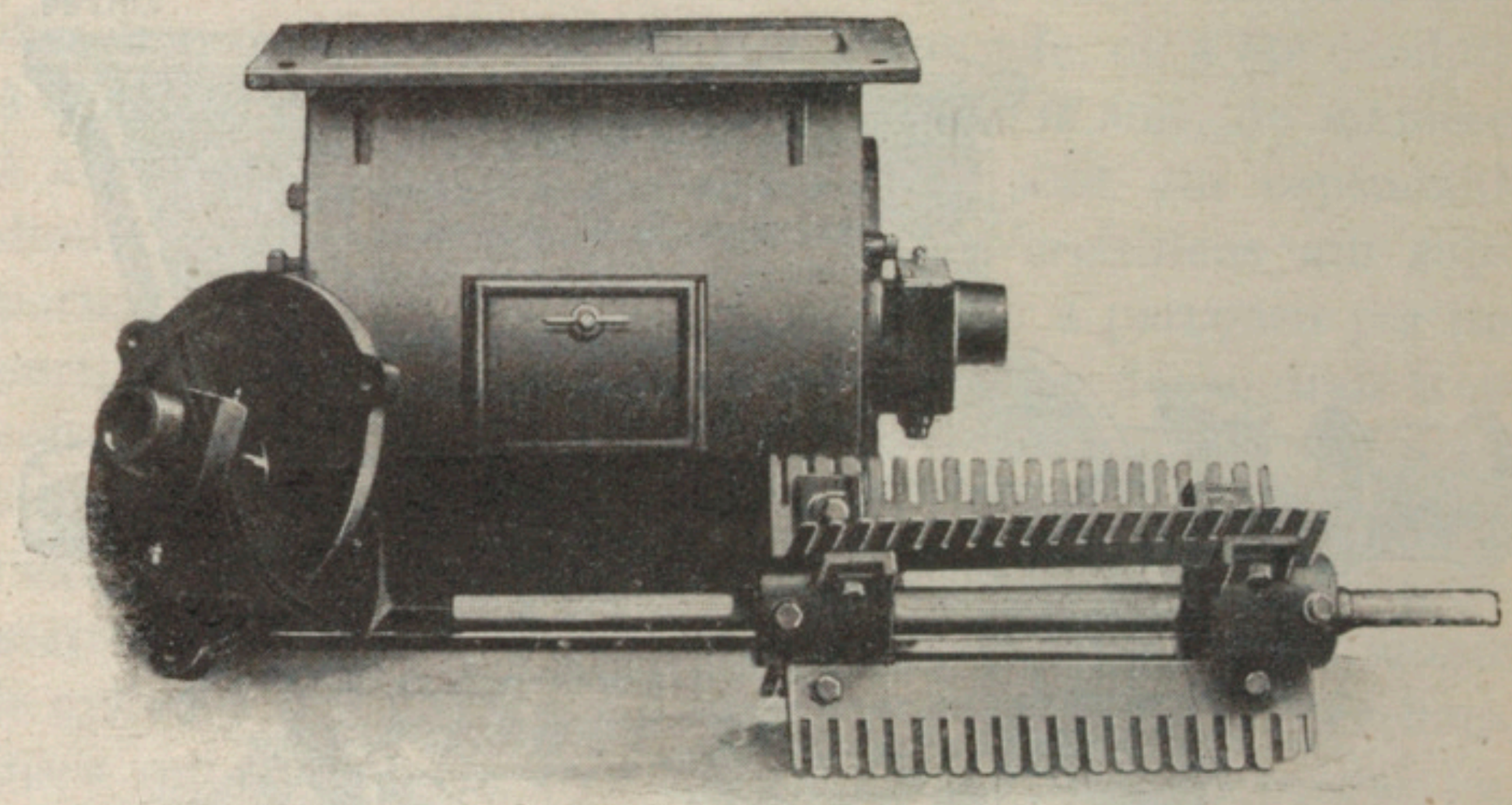


Fig. 92. — Accélérateur de mouture.

appareils ordinaires ; on fait parfois usage, à ce moment, de la bluterie ronde.

Bluterie ronde. — Cette bluterie, imaginée par Outrequin (fig. 93), comporte une carcasse cylindrique, formée de cerceaux de fer plats, distants de $0^m,20$ à $0^m,25$, montés sur un arbre central placé horizontalement ; sur les cerceaux est fixée une garniture de soie. Ce tambour mesure de 2 à $3^m,50$ de long, avec un diamètre de $0^m,65$ à 1 mètre ; il tourne avec une faible vitesse : 28 tours pour les faibles diamètres, 18 tours pour les grands. Le tambour étant disposé horizontalement, il faut un dispositif spécial pour pousser la marchandise vers la sortie : on emploie, pour cela, des ailes obliques fixées à l'axe de la bluterie, et qui s'arrêtent à plusieurs centimètres de la soie ; ces ailes sont montées par groupes de trois, tous les demi ou trois quarts de mètre.

Par suite du mouvement très doux qui se produit dans l'appareil, les produits se classent par ordre de densité : les plus lourds gagnent le fond du cylindre et se trouvent au contact de la soie, tandis que les plus légers remontent à la partie supérieure de la couche de marchandise ; de cette façon, les ailes chargées de faire avancer les produits ne se trouvent au contact que des particules légères, les débris d'enveloppes : celles-là seules sont entraînées vers la sortie, tandis que les produits lourds avancent beaucoup plus lentement, poussés seulement par les nouveaux produits qui arrivent dans la bluterie ; la farine reste donc longtemps au contact de la soie, et a tout le loisir d'en traverser les mailles. D'autre part, par suite de cette

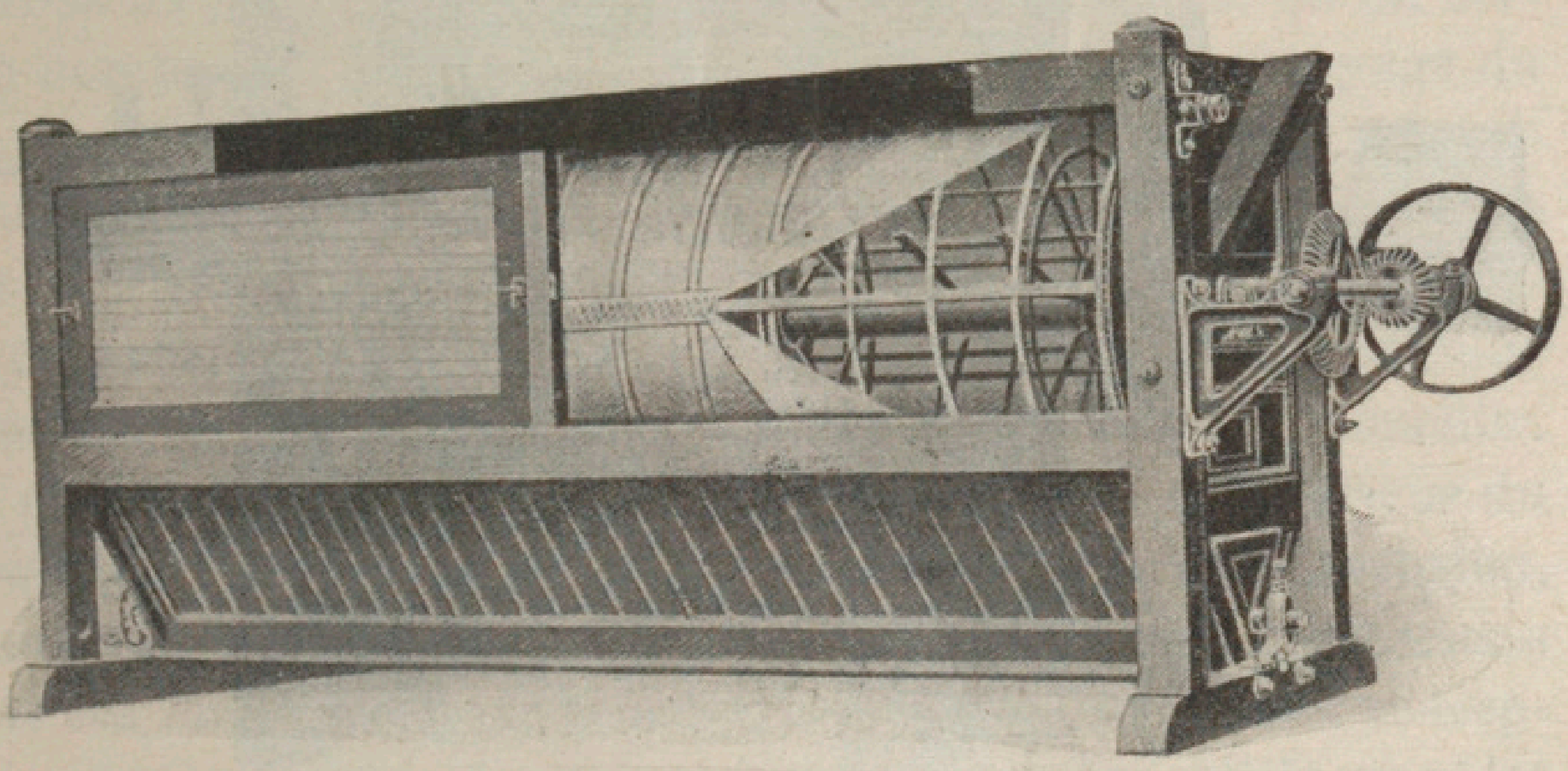


Fig. 93. — Bluterie ronde.

disposition même, les soies ont tendance à se boucher très aisément ; on place donc extérieurement au cylindre blutant une brosse cylindrique tournant dans le même sens que la bluterie même, et dont la position peut être réglée à volonté. Cette brosse doit se placer de préférence vers la partie basse du cylindre, de manière que la farine, détachée par la brosse, tombe directement dans la vis d'évacuation, et ne rencontre pas à nouveau la soie, comme cela se produirait si la brosse était placée vers la partie haute de l'appareil. La bluterie ronde débite environ 1,5 fois plus qu'une bluterie à six pans de surface égale.

Pulsateur. — En dehors des appareils de blutage précé-

dents, il en existe encore d'autres dans lesquels on force les particules farineuses à traverser les mailles des tissus au moyen de courants d'air. Le pulsateur (fig. 94) (construction Bühler) se compose d'un tambour cylindrique, horizontal, portant la garniture, et mesurant environ 2 mètres de long sur 1 mètre de diamètre ; concentriquement et intérieurement à ce premier cylindre, s'en trouve un second, tout garni de petites lattes formant des jalousies, et tournant

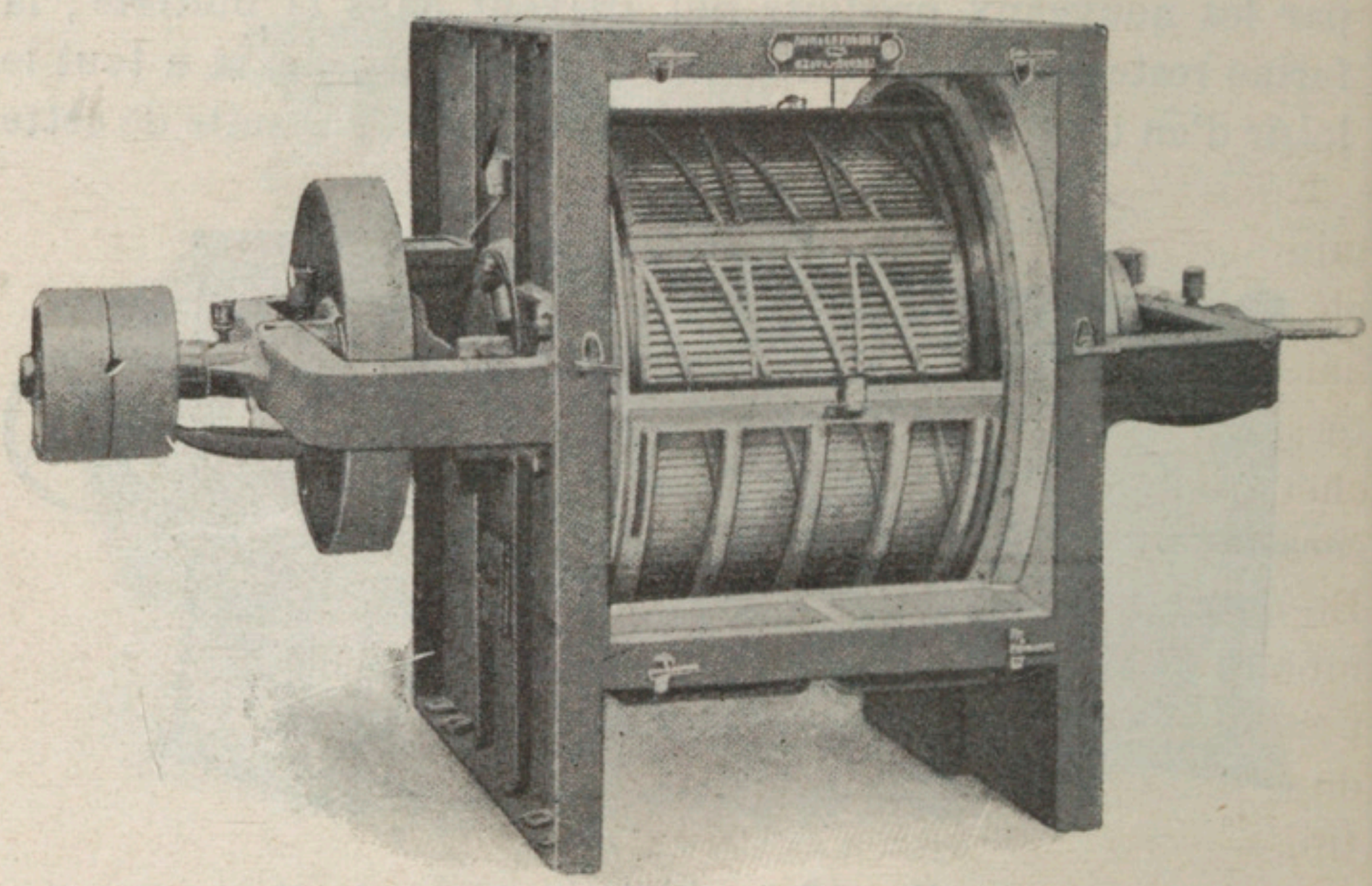


Fig. 94. — Pulsateur.

avec une vitesse de 120 tours ; la marchandise qu'il s'agit de travailler est maintenue entre ces deux cylindres. Enfin, à l'intérieur du tambour à jalousies, tourne, avec une grande vitesse de 900 à 1 000 tours, un troisième tambour, portant des ailes. On détermine ainsi un violent courant d'air, interrompu constamment au passage devant les jalousies, et déterminant ce qu'on appelle « les pulsations ». Les jalousies sont disposées de manière que l'air soit dirigé perpendiculairement aux mailles de la garniture, ce qui empêche les soies de s'engorger, et assure à la machine un grand rendement.

CHAPITRE VII

APPAREILS DIVERS

COLLECTEURS A POUSSIÈRES

Nous avons vu, au cours des pages précédentes, qu'un certain nombre des appareils, employés tant pour le nettoyage du blé que pour la purification des produits du broyage, entraînaient les particules légères, mélangées aux marchandises traitées, au moyen d'un courant d'air ; quelques-uns de ces déchets, notamment ceux qui proviennent des sasseurs, ont une certaine valeur marchande : il y a donc intérêt à les recueillir. En outre, il est indispensable de ne pas rejeter à l'intérieur du moulin de l'air contenant encore des poussières en suspension, pour diminuer les chances d'incendie, toujours trop nombreuses dans les minoteries, où fonctionnent tant d'appareils susceptibles de s'échauffer. On a donc imaginé des dispositifs capables de débarrasser complètement l'air sortant des appareils de toute particule solide, avant de le rejeter au dehors.

Chambres à poussières. — La façon de procéder, la plus simple et la plus ancienne, consiste à envoyer le courant d'air à épurer dans une grande chambre ; l'air se détend et les poussières se déposent. La chambre est à cloisons bien étanches, rarement en bois, à cause du danger d'incendie, mais en maçonnerie, en briques ou en ciment. A la partie supérieure de la chambre se trouve une issue pour le départ de l'air ; cette issue doit être munie de persiennes pour ralentir la vitesse du courant. Souvent l'ouverture est libre ; mais quelquefois on la garnit d'un tissu de flanelle formant filtre, qu'il faut secouer de temps à autre, pour en déboucher les pores. Le dépôt recueilli sur le plancher de la chambre est vidé à la pelle de

temps à autre; il est plus commode de former le fond de la chambre à poussières d'une série de trémies dans lesquelles les déchets s'accumulent et se mettent ainsi d'eux-mêmes en sacs. La chambre doit être de dimensions suffisantes, pour que, recevant même les produits de plusieurs ventilateurs, la pression n'y soit que très faible.

On construit également, pour faire tout le service d'un moulin, des tours à poussières, en ayant soin de ne pas placer vis-à-vis les unes des autres les arrivées des différents ventilateurs, de manière à ce que les courants ne s'opposent pas les uns aux autres, ce qui forcerait à augmenter la puissance des ventilateurs. Les déchets se déposent dans le fond de la tour, qui a une forme conique, pour faciliter la mise en sacs, ou qui est muni d'une vis d'Archimède pour l'élimination des produits. On calcule les dimensions de la tour, en admettant pour l'air une vitesse d'ascension de 1 mètre à $1^{m},50$ par seconde; l'ouverture de sortie, au sommet de la tour, est telle que la vitesse d'écoulement y soit de 6 à 8 mètres par seconde. Dans ces conditions, ce que l'air peut entraîner au dehors n'est que de la poussière sans valeur. Ces chambres à poussière sont efficaces, mais elles occupent un espace souvent trop considérable, eu égard à la place dont on dispose ; on a donc cherché des appareils beaucoup plus petits et cependant capables de purifier complètement l'air ; parmi ces appareils, les uns fonctionnent sans garniture, les autres sont, au contraire, de véritables filtres.

Collecteur cyclone. — Parmi les collecteurs sans filtre, le plus parfait est le « Cyclone » (fig. 95). Cet appareil se compose d'une caisse de tôle cylindrique, terminée à sa partie inférieure par une partie conique. L'air à purifier entre dans la partie cylindrique, et tangentiellement à la surface du cylindre ; la conduite d'amenée d'air doit, en outre, avant d'arriver à l'appareil, présenter une pente assez forte sur une longueur de 2 à 3 mètres, de manière que l'air soit projeté contre le couvercle qui ferme la caisse, et soit ainsi refoulé vers la partie inférieure de l'appareil, vers laquelle il descend en tournoyant. La vitesse d'arrivée de l'air doit être très considérable : 36 mètres par seconde (c'est la vitesse du vent

pendant les tempêtes, d'où le nom de l'appareil). Les particules, tenues en suspension dans l'air, se mettent à tourner en même temps que lui, de sorte que la force centrifuge qui leur est ainsi communiquée les applique sans cesse contre la paroi de la caisse. Les poussières descendent de la sorte en décrivant des spirales sur la face interne de la partie conique du cyclone, et viennent sortir par une ouverture qui est ménagée à l'extrême pointe. Quant à l'air qui descend, il se trouve dans un espace de plus en plus restreint et, pour sortir, il est contraint de remonter suivant l'axe de l'appareil, vers la partie supérieure duquel se trouve un petit tuyau cylindrique qui débouche au dehors par une ouverture percée dans le couvercle du cyclone. Cette ouverture de sortie est environ deux fois et demie plus grande que l'ouverture de l'entrée, de sorte que la vitesse au départ est environ deux fois et demie plus faible qu'à l'arrivée, c'est-à-dire qu'elle est de 12 à 15 mètres par seconde. On rend d'ailleurs cette ouverture de sortie variable : le couvercle du cyclone est percé d'une ouverture plus grande que celle qui serait nécessaire pour livrer seulement passage au tuyau d'évacuation d'air ; on détermine ainsi entre le tuyau et le bord du couvercle, un espace annulaire qui est ordinairement fermé au moyen d'une collerette fixée sur le tuyau ; pour découvrir l'échancrure circulaire il suffit de faire monter le tuyau. On peut varier la position de la collerette mobile dans un sens ou dans l'autre, en constatant si les poussières sortent librement par le pied de l'appa-

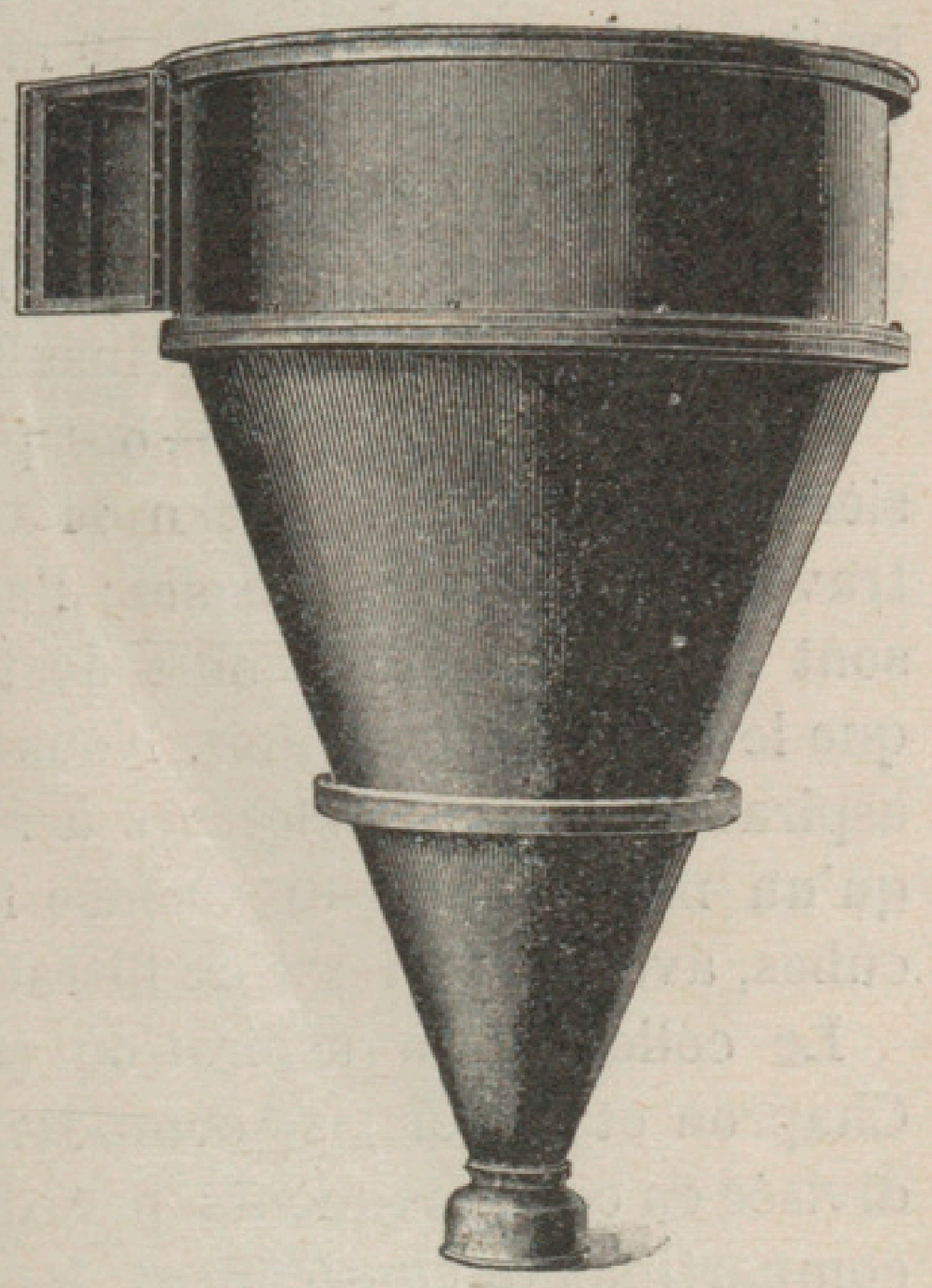


Fig. 95. — Collecteur à poussières cyclone.

reil ou si, au contraire, il sort par ce même endroit de l'air animé d'une trop grande vitesse. La tôle du cyclone doit être parfaitement lisse, pour que l'air ne rencontre aucun obstacle sur sa route ; comme l'air, à sa sortie, renferme encore des poussières en proportion notable, on surmonte l'appareil d'une cheminée qui débouche sur le toit. Les dimensions de l'appareil doivent être calculées d'après le volume de l'air qu'il s'agit de traiter. Un cyclone, ayant un diamètre de $1^m,080$ et une hauteur de $1^m,700$, avec une entrée d'air de $0^m,270 \times 0^m,300$, traite environ par minute 50 mètres cubes d'air, tandis qu'un autre de $1^m,680$ de diamètre pour une hauteur de $2^m,600$ (entrée d'air de $0^m,430 \times 0^m,460$) peut traiter environ 280 mètres cubes. On peut admettre que la capacité de l'appareil doit être par mètre cube d'air insufflé de $0^{m3},53$ en moyenne.

Collecteurs à filtre. — La plupart des collecteurs à poussières agissent par filtration ; l'air impur est soufflé ou aspiré à travers un tissu de flanelle ; l'air pur traverse, les particules sont retenues et détachées de temps à autre pour empêcher que le filtre ne s'encrasse. Nous distinguerons les collecteurs à aspiration et les collecteurs à refoulement. On peut compter qu'un mètre carré de surface filtrera par seconde 10 mètres cubes, avec une vitesse de filtration de $0^m,3$.

Le collecteur à aspiration (fig. 96) (construction Teisset, Chapron et Brault) se compose d'une grande caisse de bois, divisée en compartiments par des cloisons verticales, et ces compartiments contiennent les éléments de filtration, c'est-à-dire de longues manches de flanelle, au nombre de 4, 6 ou 8 par compartiment. Le filtre complet se faisant à deux, trois ou quatre compartiments, on peut, en combinant entre elles ces deux séries de chiffres, obtenir des collecteurs possédant de 8 à 32 manches filtrantes, représentant une surface de 11 à 44 mètres carrés. La hauteur de l'appareil est de 3 mètres, sa longueur varie de 1 mètre à $1^m,950$, et sa largeur de $0^m,560$ à 1 mètre, suivant le nombre des éléments. Cet appareil peut utilement être employé, lorsqu'il s'agit d'arrêter les poussières d'une façon absolue, comme par exemple dans l'aspiration sur les appareils à cylindres. Les manches filtrantes sont ouvertes à leur partie inférieure et fermées au contraire

à leur partie supérieure au moyen de couvercles de bois. L'air chargé de poussières est amené à la partie inférieure,

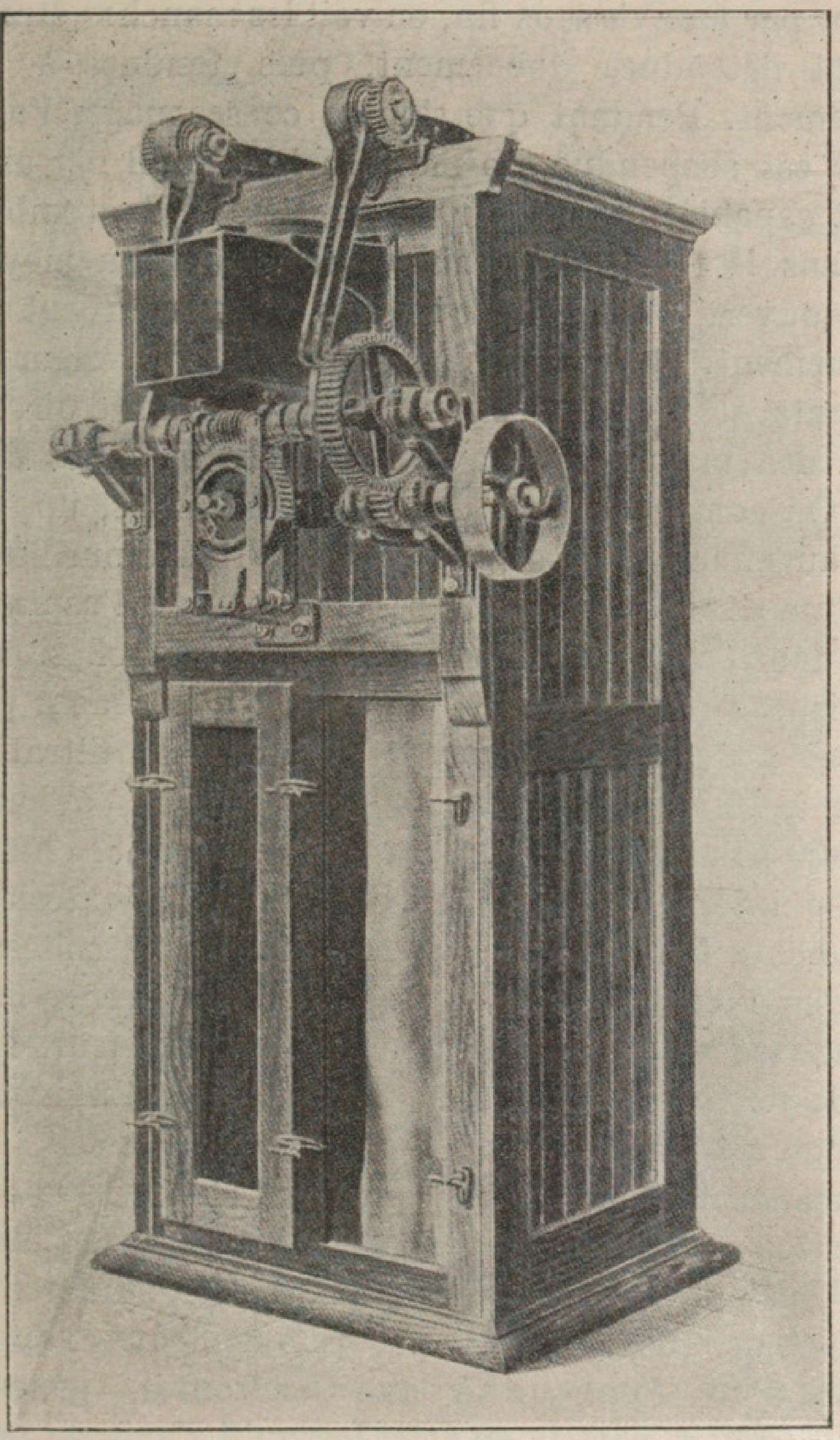


Fig. 96. — Collecteur à aspiration.

passe au travers du tissu en se purifiant, et se rend dans les compartiments, d'où il est finalement rejeté par un aspirateur, fonctionnant conjointement avec le collecteur. Pour

que le filtre conserve toujours sa puissance, il faut constamment détacher les poussières adhérentes ; au moyen d'un mécanisme particulier comprenant un système de cames commandées par une vis sans fin, on voit les manches être alternativement détendues doucement, puis tendues à nouveau brusquement. Pendant que s'opère ce secouage, l'admission de l'air est suspendue, de manière à ce qu'il n'y ait pas de courant capable d'empêcher les particules de tomber librement dans le fond de la caisse ; en outre, au moyen d'un registre ouvert à cet effet, quelques secondes avant et après le secouement, l'air atmosphérique entre à l'intérieur des compartiments et, créant ainsi un contre-courant d'air, passe au travers des manches et favorise encore la chute des poussières. On comprend que, dans ces conditions, un filtre nécessite au moins, deux compartiments, l'air à purifier passant dans l'un des compartiments, pendant que l'aspiration est arrêtée dans l'autre, pour le nettoyage des manches.

La disposition adoptée dans l'appareil précédent peut être renversée : c'est-à-dire que les manches de filtration sont fermées à leur partie inférieure, et ouvertes à leur partie supérieure ; l'air arrive avec les poussières qu'il charrie dans la partie inférieure du coffre de l'appareil, extérieurement aux manches filtrantes ; les poussières restent collées sur les tissus que l'air purifié traverse seul, pour gagner l'intérieur des manches et s'échapper par l'orifice supérieur. Le mécanisme de nettoyage fonctionne comme précédemment, toutes les huit ou dix minutes.

La *maison Rose* (de Poissy) offre aux meuniers le collecteur « Perfection » (fig. 97), inventé par M. Prinz de Milwaukee (États-Unis), et dont la construction est toute différente ; c'est un collecteur fonctionnant par refoulement. L'appareil se compose d'un tambour à axe horizontal, généralement construit en bois, parfois en acier lorsqu'il s'agit de poussières sablonneuses ou d'air à température élevée. Sur ce tambour sont montés les éléments de filtration, formés de tubes en tissu filtrant ; ces tubes sont disposés le long des génératrices du tambour et dirigés en prolongement des rayons. Les tubes communiquent avec l'intérieur du tambour ; les extré-

mités opposées sont, au contraire, fermées et fixées à une barre de bois, reliée par des ressorts à deux montants placés à chacune des extrémités de chaque rangée de tubes. L'air à puri-

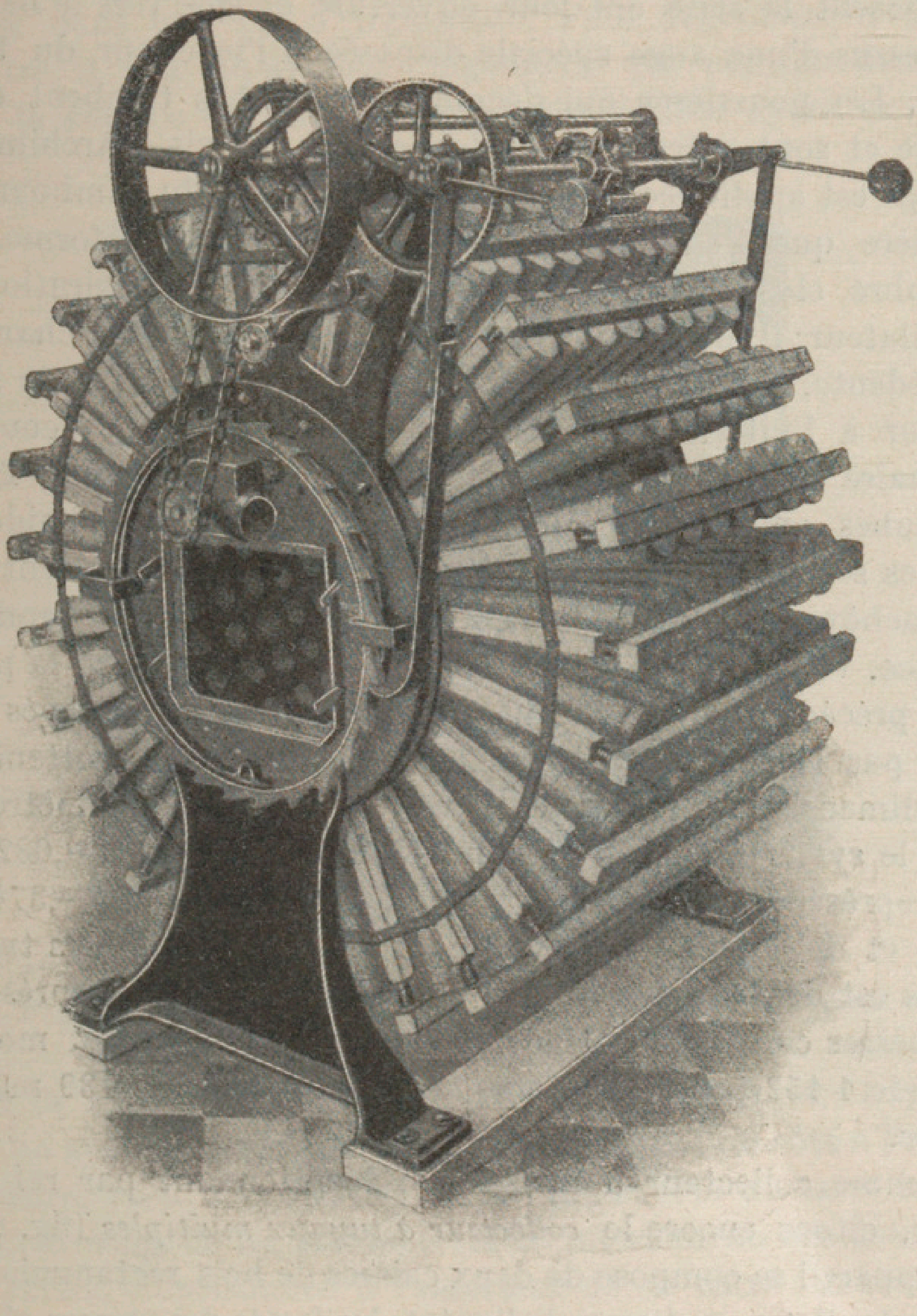


Fig. 97. — Collecteur à poussières « Perfection ».

fier est envoyé dans le tambour; il s'engage dans les tubes, où il est réparti uniformément grâce à un dispositif spécial. et s'échappe dans l'atmosphère, abandonnant à l'intérieur des tubes les produits dont il était chargé. Le tambour tourne,

mais avec une vitesse très faible et d'un mouvement entrecoupé d'arrêts. Les arrêts se produisent lorsque l'une des séries de tubes-filtres est arrivée à occuper la position verticale, à la partie supérieure du tambour. A ce moment, les tubes qui composent la série ont leur ouverture dirigée vers le bas, et au-dessus d'une auge spéciale disposée à l'intérieur du tambour. Les poussières qui s'écoulent des tubes tombent dans l'auge et sont entraînées au dehors par une vis d'Archimède. L'auge est appliquée contre la paroi interne du tambour, de manière que l'ensemble de l'auge et des tubes forme une chambre close ; l'auge est reliée au conduit d'aspiration du ventilateur; il se produit donc une dépression dans la chambre précédente, et l'air extérieur est contraint de pénétrer de l'extérieur à l'intérieur des tubes, en sens inverse du courant ordinaire, de manière à faciliter le dépôt des particules. Enfin les tubes en vidange reçoivent des vibrations à l'aide de légères secousses imprimées aux ressorts qui les tendent ; ce qui achève encore de les nettoyer. Ceci fait, le tambour avance, et la rangée suivante de tubes vient prendre la place de la précédente. De cette manière, les tubes sont nettoyés surtout par le courant d'air et ne subissent aucun frottement. Les dimensions de l'appareil varient, pour le diamètre de tout le système tournant, depuis $1^m,727$ jusqu'à $2^m,032$, ce qui représente, pour tout l'ensemble, de $2^m,032$ à $2^m,374$ de haut et de $1^m,295$ à $3^m,060$ de long. Le nombre des tubes-filtres est de 288 pour le plus petit modèle, ce qui représente 25 mètres carrés de surface filtrante ; le plus grand modèle possède 1 152 tubes, avec une surface filtrante de 139 mètres carrés.

Comme collecteur à poussières, fonctionnant par refoulement, citons encore le *collecteur à tuyaux multiples* (fig. 98) : cet appareil se compose de deux caisses de bois rectangulaires, disposées l'une au-dessus de l'autre; les fonds des caisses placés en regard sont percés d'orifices qui se correspondent et qui sont réunis par des manches en tissu filtrant. La longueur de ces manches est normalement de 2 mètres, mais on peut les allonger pour augmenter la surface filtrante. L'air à épurer est envoyé dans le compartiment supérieur; il s'engage dans

les manches et, filtrant au travers du tissu, s'échappe dans l'atmosphère, pendant que les poussières, retenues à l'intérieur des tuyaux, tombent dans le coffre inférieur, d'où elles sont extraites au moyen d'un racloir automatique, qui les pousse dans une vis d'Archimède. Pour dégommer le tissu du filtre, il y a un système ingénieux qui continuellement racle la surface des manches : un cadre de bois ayant exacte-

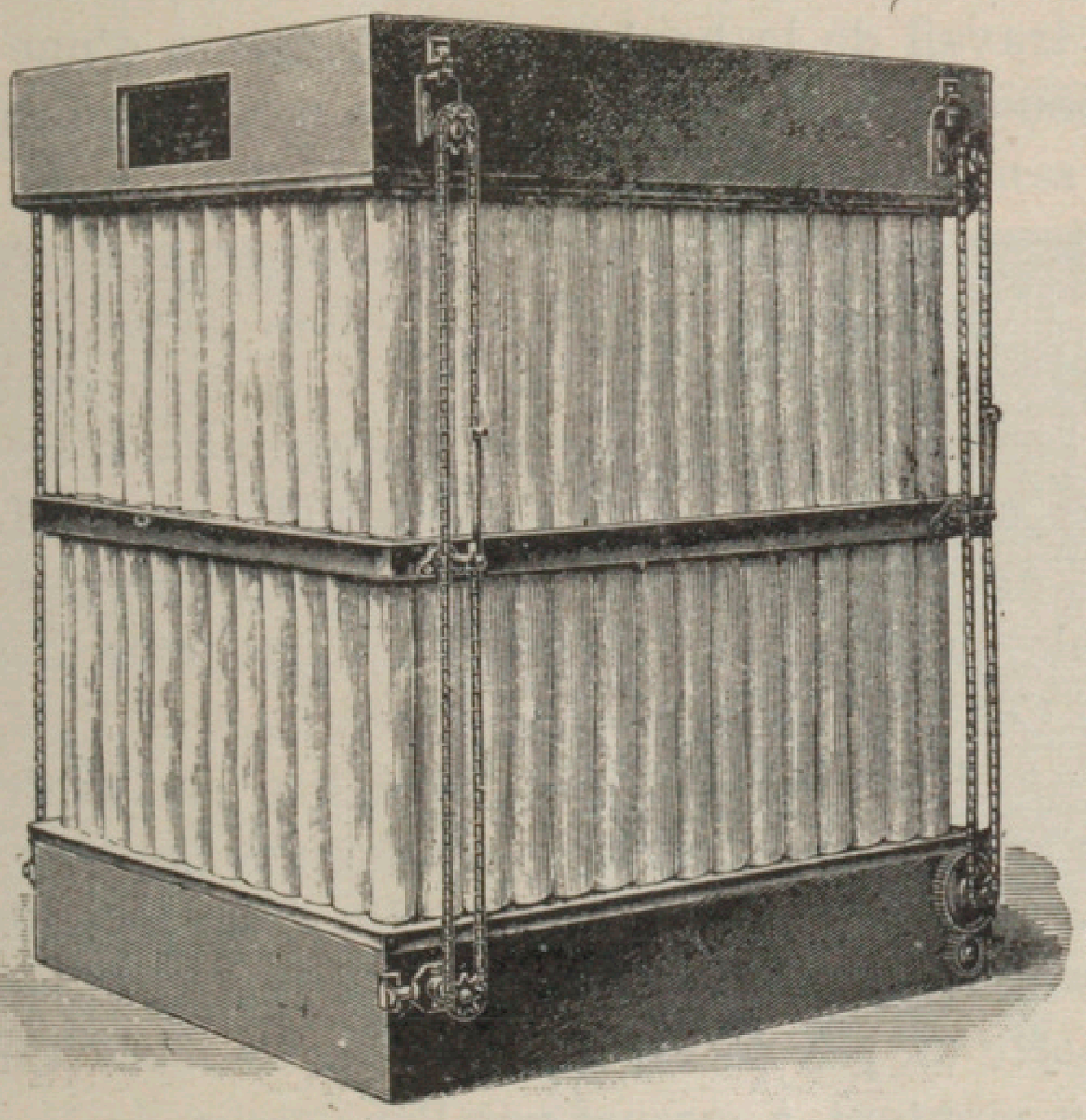


Fig. 98. — Collecteur à poussières à tuyaux multiples.

ment la même dimension que les coffres de l'appareil, porte tout un système de fils de fer croisés, tendus d'un côté à l'autre du cadre, et à une distance telle que le côté du carré formé par quatre fils de fer soit légèrement inférieur au diamètre de la manche, emprisonnée à l'intérieur de ce carré ; grâce à un système de chaînes sans fin et de roues dentées, ce cadre monte et descend continuellement d'un compartiment du collecteur à l'autre ; il rétrécit légèrement les manches, en les grattant, et en détachant les poussières qui tombent ainsi plus aisément. Les tuyaux filtrants sont disposés de façons très diverses, en carré ou en rectangle : 10 sur 10, 15 sur 5,

15 sur 9, etc...; leur nombre total varie de 50 à 300, donnant une surface de filtration comprise entre 10 et 150 mètres carrés. La poulie de commande fait 60 tours par minute.

RATEAU A FARINE

La farine terminée, qui sort des bluteries, par exemple à la suite du travail de la boulange, est toujours d'une température un peu élevée, et on ne peut pas la mettre immédiatement en sacs, sans crainte de la voir s'échauffer. On la fait donc tomber dans une grande caisse cylindrique de bois, hermétiquement close pour éviter l'évaporation, caisse qui porte le nom de râteau à farine (fig. 99) du nom de l'organe qui se meut à l'intérieur de la caisse. Suivant l'axe de l'appareil se trouve un arbre vertical, commandé de l'extérieur au moyen d'un engrenage d'angle, qui fait tourner un arbre horizontal, sur les bras duquel sont montées des palettes inclinées. Ces palettes remuent, au contact de l'air, la farine qui s'accumule sur le fond de la chambre, en la refroidissant. Pour que la marchandise, en augmentant de hauteur, ne puisse pas arriver à bloquer le râteau, les bras de celui-ci sont montés sur une douille taraudée qui entoure l'arbre vertical ; celui-ci porte un pas de vis très allongé, de sorte que les bras du râteau montent à mesure que l'épaisseur de la couche de farine augmente.

Les dimensions ordinaires des chambres à râteau sont de $1^{m},50$ à 4 mètres de diamètre sur $1^{m},60$ à $2^{m},50$ de hauteur.

MÉLANGEURS A FARINES

Les différentes bluteries qui fonctionnent dans le moulin ne livrent pas un produit terminé ; les différents postes de l'usine donnent, en effet, des farines de qualités variables : des farines provenant directement du broyage des grains ; des farines provenant du désagrégeage des grosses semoules, ou du convertissage des finots et des gruaux ; des farines provenant

du finissage ou des fins de mouture. Tous ces produits sont de qualités et de couleurs variables, les plus purs provenant du travail des semoules et des gruaux blancs. Il va donc falloir que le meunier associe ces différentes farines les unes aux autres, de manière à obtenir des catégories de farine répondant bien aux besoins de la clientèle. Nous verrons, en traitant

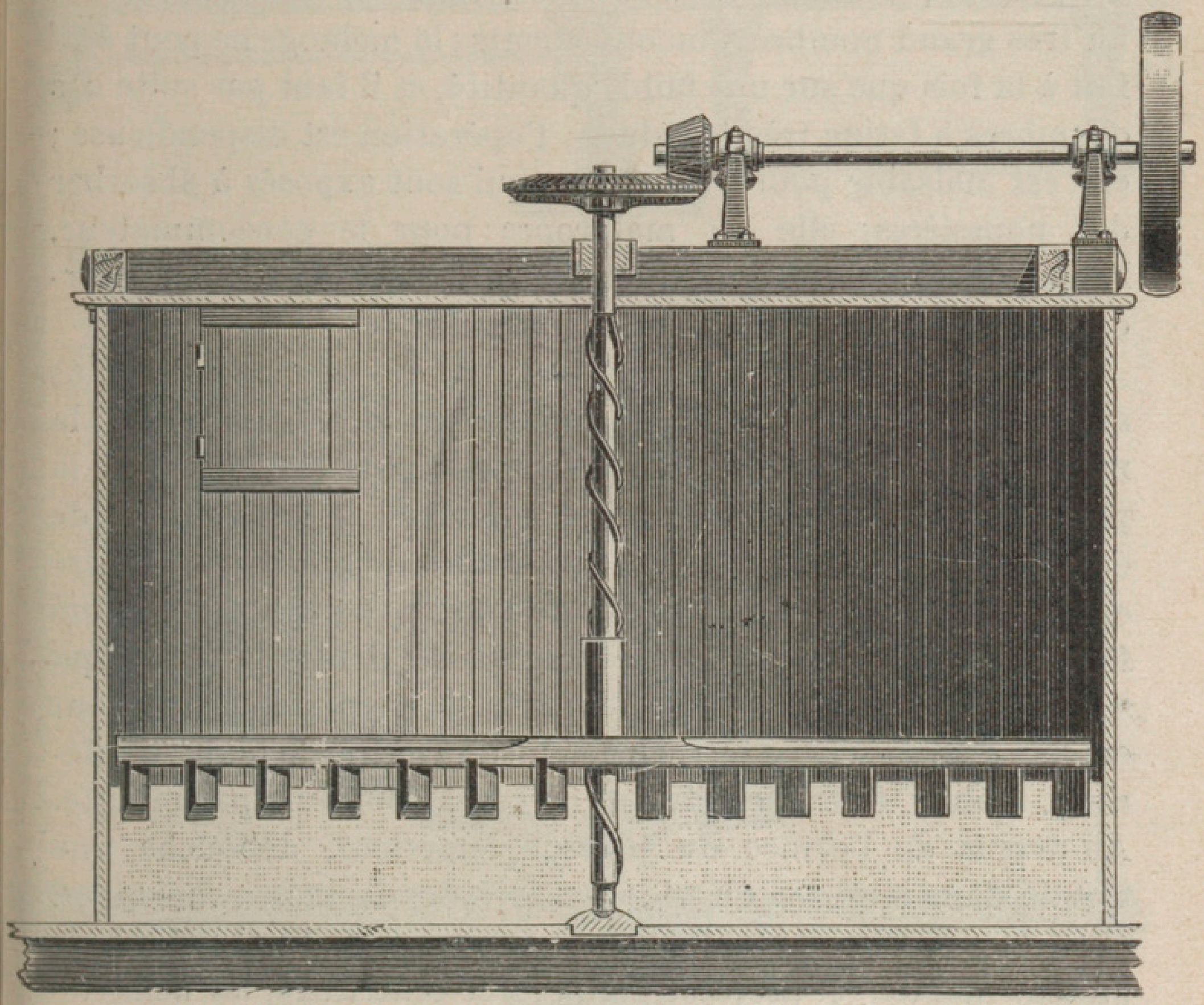


Fig. 99. — Rateau à farine.

dans la Boulangerie l'analyse de la farine, quels moyens le meunier peut employer pour apprécier avec exactitude la blancheur d'une farine, et déterminer ainsi la proportion des différents éléments qui doivent figurer dans la composition du mélange final. Nous devons ici voir seulement comment on va opérer ce mélange même, mélange qui doit être absolument intime, de manière qu'un échantillon du mélange contienne en proportion exacte tous les produits qui se trouvent en présence.

Le mélange des farines peut se faire, soit à la main, soit à la machine.

Mélange manuel. — Le mélange manuel représente la façon d'opérer la plus simple. Dans une chambre bien jointoyée, on verse en tas les différentes farines, et un ouvrier vient à la pelle remuer le tout, en formant un nouveau tas en face du premier, plusieurs fois de suite. Cette opération présente un très grand nombre d'inconvénients : le mélange ne peut être fait à la fois que sur une faible quantité, et il faut par suite des chambres à farine très étendues ; l'opération est dispendieuse ; elle est malsaine pour les ouvriers qui sont exposés à absorber des poussières; elle est malpropre pour le consommateur, l'ouvrier étant obligé de piétiner la farine. On a donc cherché à opérer le mélange *mécaniquement.*

Mélangeuse à plateaux. — L'un des appareils les plus anciens, et encore très employé, surtout en Autriche, est la mélangeuse à plateaux. L'organe mélangeur est disposé à la partie supérieure d'une chambre à farine ; il se compose de deux plateaux de bois, ronds, plats, d'un diamètre d'un mètre environ, placés l'un au-dessus de l'autre et portant sur leurs faces en regard deux à trois rangées de fiches de bois, qui s'intercalent les unes entre les autres. Le plateau supérieur est fixe et percé d'une ouverture en son centre; le plateau inférieur, mobile, tourne en faisant de 120 à 150 tours par minute. Au-dessus de l'orifice du plateau supérieur, débouche une trémie dans laquelle on vide les sacs des farines à mélanger, dans la proportion voulue ; la marchandise, tombant sur le plateau mobile, est projetée par la force centrifuge, les fiches de bois ayant pour rôle de réduire les agglomérations qui se forment pendant le séjour dans les sacs. Cet appareil a l'inconvénient que, la force centrifuge agissant sur les farines différemment selon leurs densités, le mélange n'est pas parfait, les farines lourdes étant projetées plus loin que les farines légères. Il faut compléter le travail par un travail manuel, mais qui est beaucoup plus rapide que dans le cas précédent. Souvent, pour supprimer ce travail et rendre l'opération tout à fait mécanique, on place deux mélangeuses l'une au-dessus de l'autre ; la chambre à farine se termine à sa partie inférieure

par une trémie qui alimente un second appareil à plateaux identique au précédent. Le mélange, définitivement achevé alors, tombe dans une seconde chambre à farine.

Rateau mélangeur à farine. — Un autre appareil est

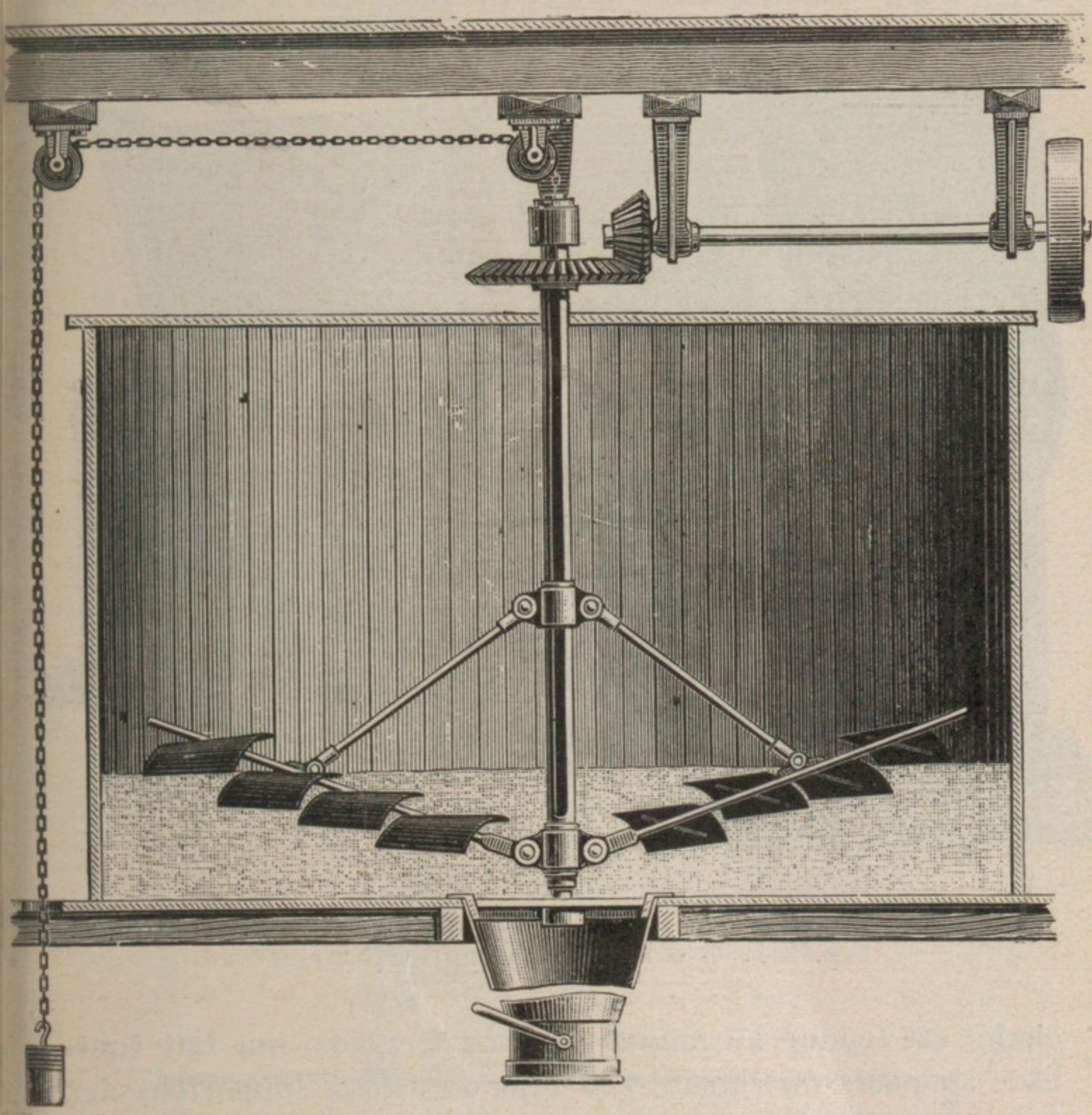


Fig. 100. — Rateau mélangeur à farine.

analogue au râteau à farine que nous avons décrit tout à l'heure (fig. 100). Toutefois les bras du râteau ne s'élèvent plus le long de l'axe vertical qui les fait tourner ; ils sont articulés à la base de cet axe, de manière à pouvoir se relever et à occuper une position de plus en plus verticale, à mesure que la proportion de marchandise augmente dans

la chambre. A cet effet, les bras sont supportés par deux tiges, articulées d'une part sur les râteaux, et d'autre part sur une bague, qui peut se déplacer le long de l'arbre. Cette bague est maintenue par une chaîne qui passe à l'intérieur de l'arbre précédent, qui est creux; au sortir de la chambre, la

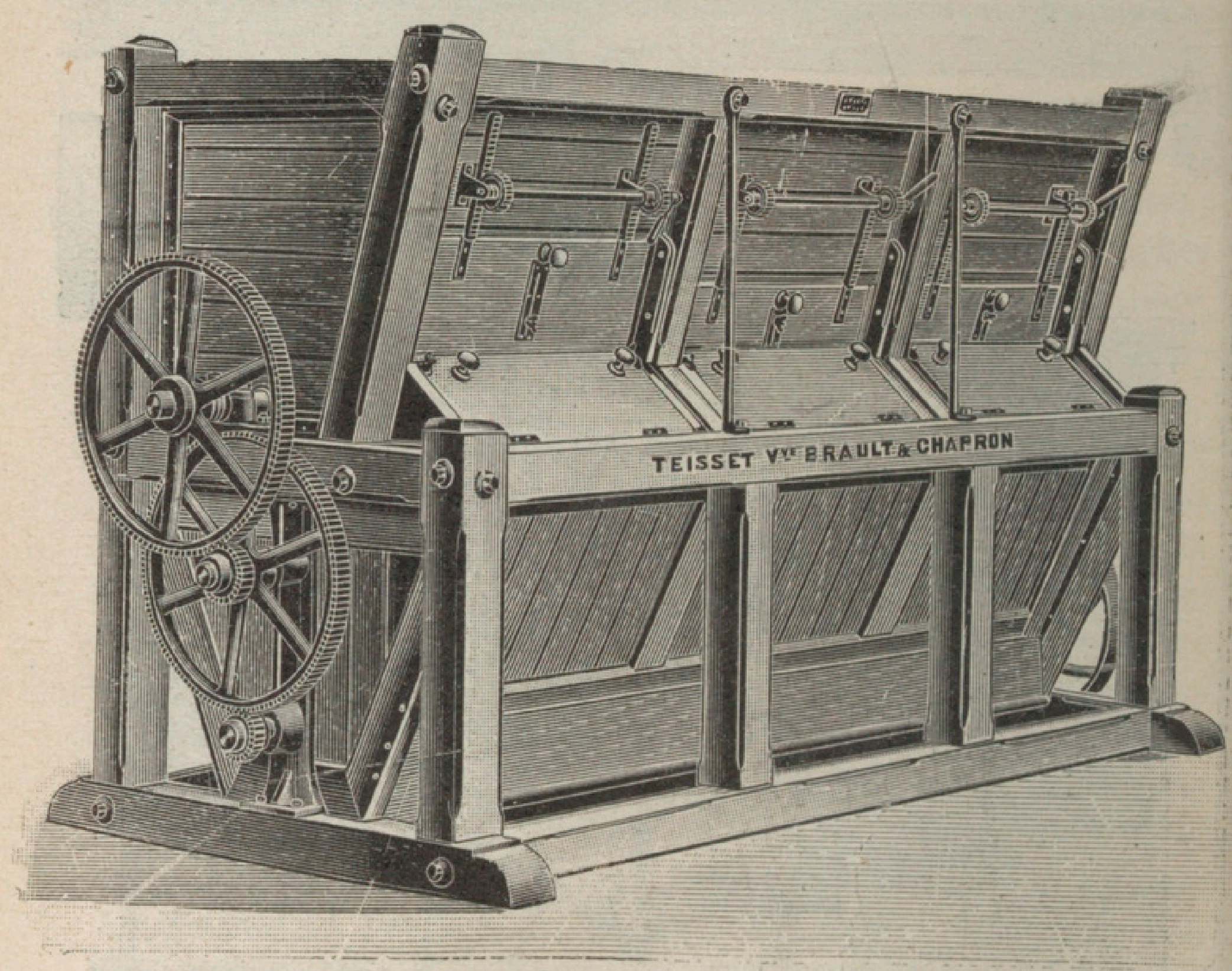


Fig. 101. — Rouleau mélangeur à farine.

chaîne est tendue au moyen d'un contrepoids, qui fait équilibre au poids du râteau. Les bras du rateau supportent des palettes courbes qui mélangent, en tournant, les différentes farines déversées dans la chambre, et qui, une fois le mélange achevé, poussent toute la marchandise vers l'orifice de l'ensachoir, placé au centre de la chambre à farine. Les dimensions de cet appareil sont légèrement supérieures à celles du râteau à farine : de 2 mètres à $5^{m},50$ de diamètre, sur $2^{m},50$ à 3 mètres de hauteur.

Mélangeuses à rouleaux. — L'appareil comprend une

caisse à parois inclinées, formant trémie, au fond de laquelle tourne un rouleau de fort diamètre (fig. 101 et 102). La caisse est divisée par des cloisons en plusieurs compartiments,

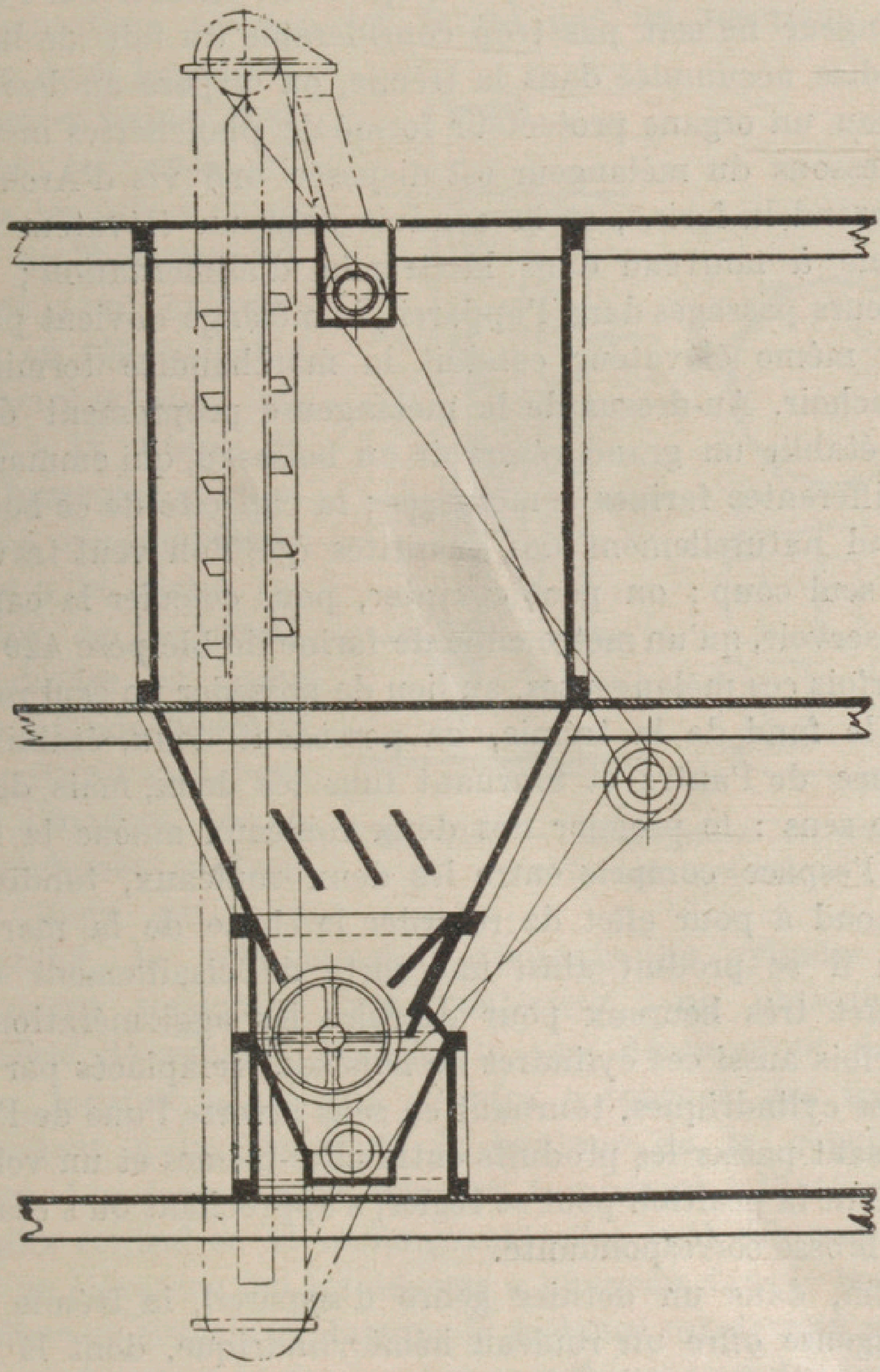


Fig. 102. — Ensemble de l'installation d'un rouleau mélangeur.

chacun d'eux recevant l'une des farines devant concourir à la formation du mélange. Ces compartiments sont munis d'un distributeur, permettant de régler mathématiquement le

débit de chacun des produits, et de régler par suite leur proportion dans la marchandise finale. Les farines tombent donc sur le rouleau, qui tourne en faisant de 40 à 60 tours par minute; mais, pour que la pression exercée sur l'organe mélangeur ne soit pas trop considérable du fait de la marchandise accumulée dans la trémie, on dispose au-dessus du rouleau un organe protecteur formé de planchettes inclinées. Au-dessous du mélangeur est disposée une vis d'Archimède qui prend la farine, et la conduit dans un élévateur qui la ramène à nouveau dans la trémie d'alimentation ; après plusieurs passages dans l'appareil, le mélange devient parfait, et le même élévateur conduit la marchandise terminée à l'ensachoir. Au-dessus de la mélangeuse proprement dite, il faut établir un grand réservoir ou boisseau, qui emmagasine les différentes farines à mélanger ; la capacité de ce boisseau dépend naturellement des quantités que l'on veut travailler d'un seul coup ; on peut compter, pour calculer la capacité du réservoir, qu'un mètre cube de farine de blé pèse 420 kilos.

Parfois ces mélangeuses, au lieu de posséder un seul rouleau dans le fond de la trémie, en possèdent deux, établis l'un en face de l'autre et tournant tous les deux, mais dans le même sens : le premier des deux rouleaux amène la farine dans l'espace compris entre les deux rouleaux, tandis que le second a pour effet de retarder la chute de la marchandise : il se produit ainsi une sorte de cisaillement qui a un effet très heureux pour détruire les agglomérations.

Parfois aussi ces cylindres de bois sont remplacés par deux brosses cylindriques, tournant en sens inverse l'une de l'autre et faisant passer les produits entre elles-mêmes et un volet de tôle dont la position peut se régler, s'approchant ou s'écartant de la brosse correspondante.

Enfin, dans un dernier genre d'appareil, la trémie de la mélangeuse offre un rouleau hémicylindrique, dont la courbure est tournée vers le haut, et qui, au lieu de tourner sur lui-même, oscille seulement de gauche à droite et de droite à gauche ; chaque oscillation fait tomber dans la vis collectrice, placée en dessous du rouleau, une certaine quantité de farine, réglée au moyen d'un clapet.

Mélangeuse à cylindre central Hartmann. — Cette mélangeuse (fig. 103) agit d'après un principe tout différent de celui appliqué précédemment ; on agit à la fois sur toute la hauteur de la couche de farine contenue dans le boisseau d'alimentation. Celui-ci est formé par un réservoir cylindrique dans lequel les différentes farines sont placées les unes au-dessus des autres. Selon l'axe du boisseau est disposé un cylindre creux en tôle, capable de tourner sur lui-même à la vitesse de 1 à 5 tours par minute, grâce à une commande placée à la partie supérieure de l'appareil. Ce cylindre est percé d'une grande quantité d'ouvertures rectangulaires allongées, découpées seulement sur trois côtés, deux petits et un grand, la tôle restant attenante au cylindre étant légèrement repoussée vers l'extérieur ; on obtient ainsi une série de rebords tranchants qui découperont dans la farine, lorsque le cylindre viendra à tourner, des tranches intéressant à la fois toute la hauteur de la couche des farines. Les farines ainsi enlevées, tomberont à l'intérieur du cylindre central en se mélangeant; elles sont déversées, soit dans un élévateur qui les déverse à nouveau dans le boisseau, soit dans un ensacheur, lorsque le mélange est devenu parfait.

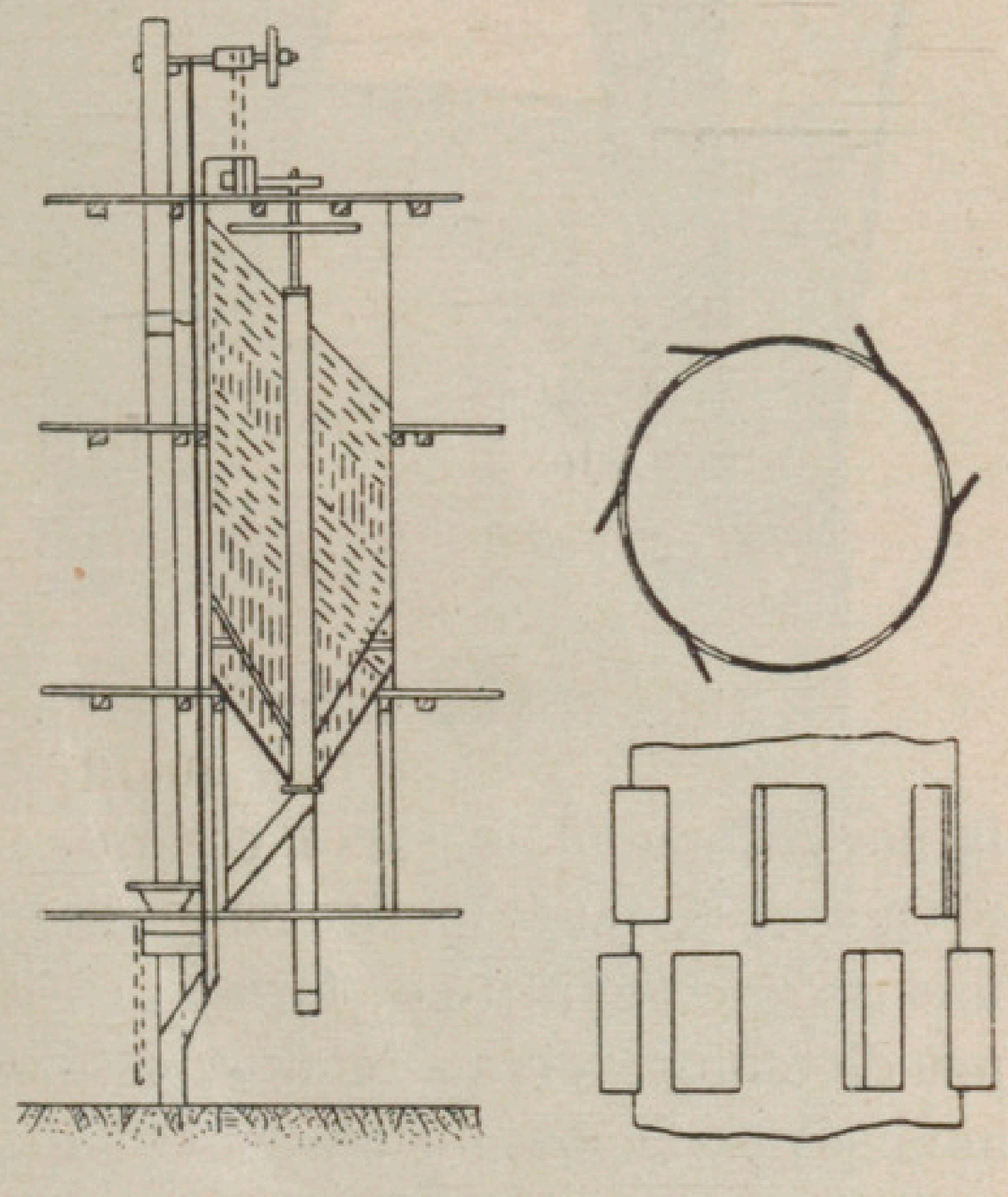


Fig. 103. — Mélangeuse de farine à cylindre vertical.

Ensacheurs à farine. — Les ensacheurs sont des appareils qui facilitent la mise en sacs des différents produits d'un moulin. Ils sont ordinaires ou automatiques. Les premiers se composent d'un récipient conique ou cylindrique (fig. 104), en bois ou en tôle, fermé à sa partie inférieure par une porte,

soit une porte à coulisses se déplaçant dans le plan horizontal, soit une porte tournante se manœuvrant au moyen d'un petit levier. A la partie inférieure de l'appareil, est disposée une courroie que l'on peut serrer au moyen de la clef d'ensachoir et qui permet de fixer le sac vide. Il faut, tout le temps que dure l'opération, surveiller le remplissage et fermer

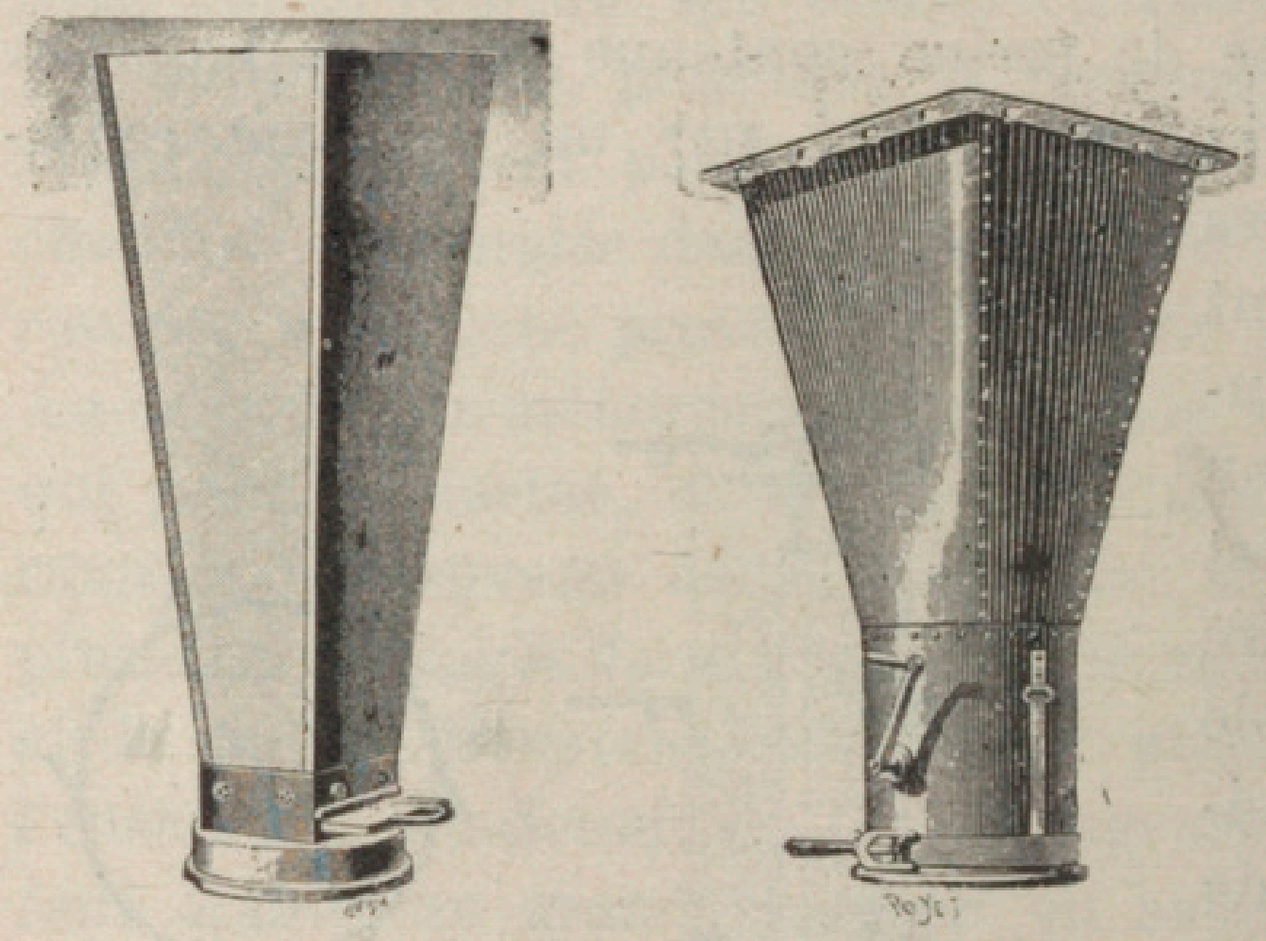


Fig. 104. — Ensachoirs à farine.

la porte lorsque le sac est plein.

Quand il faut mettre en sacs une grande quantité de farine, en peu de temps; lorsqu'on veut économiser de la main-d'œuvre et en même temps bien tasser la marchandise dans les sacs, on fait usage d'un ensacheur automatique (fig. 105). Le sac qu'il s'agit de remplir est fixé sur le tube ensacheur très haut au début, descendant ensuite à mesure qu'il se remplit. La marchandise est foulée, soit au moyen d'une hélice, soit au moyen d'un pilon vertical à faible course et donnant un grand nombre de coups à la minute. Le sac qui descend est supporté par une petite plateforme; il est équilibré par un contrepoids qui monte à mesure que le sac s'abaisse. Comme le poids du sac devient de plus en plus considérable, et que

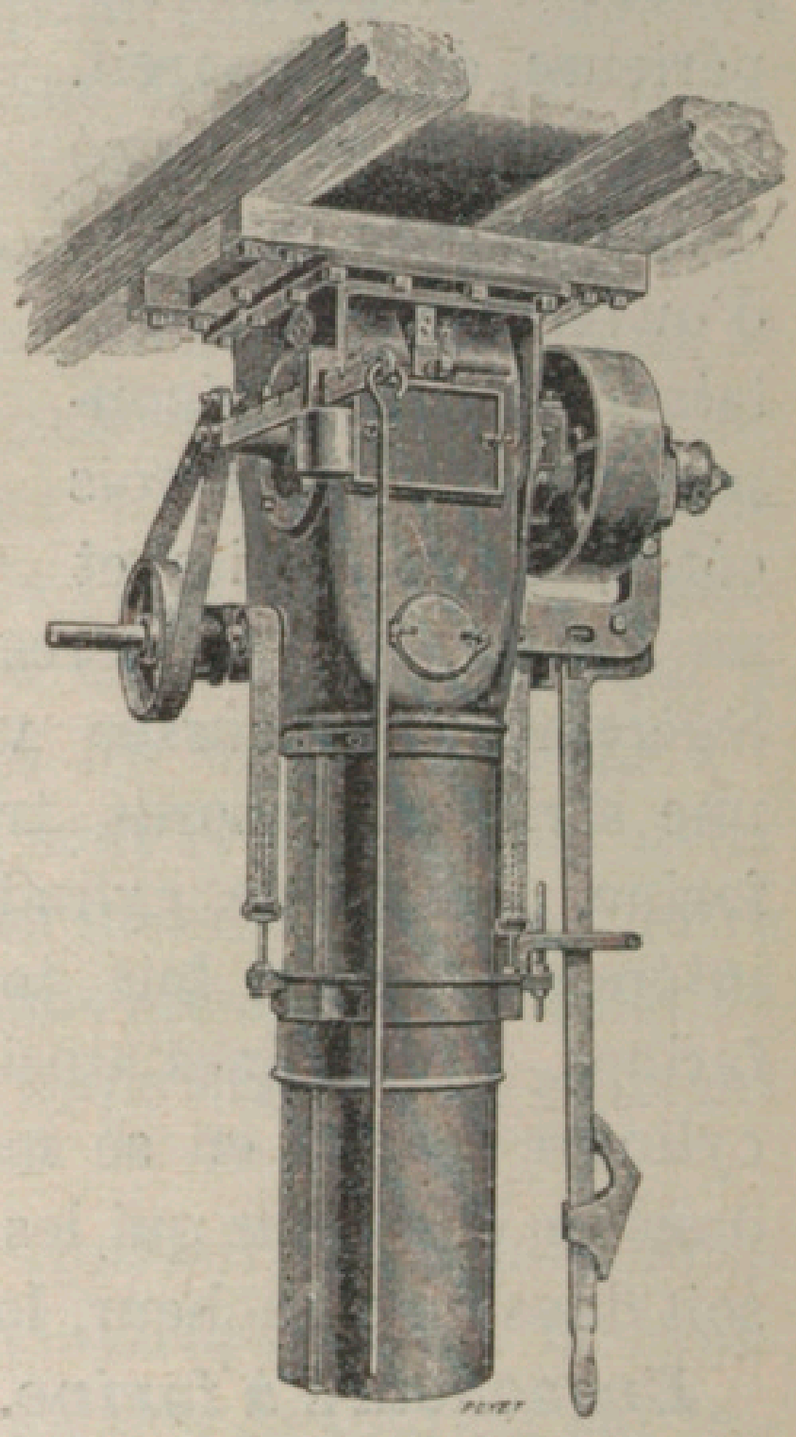


Fig. 105. — Ensachoir automatique.

le contrepoids au contraire reste invariable, pour obtenir un mouvement de descente uniforme, on fait enrouler la chaîne à laquelle est attaché le contrepoids sur une poulie conique ; de cette manière, plus le poids du sac augmente,

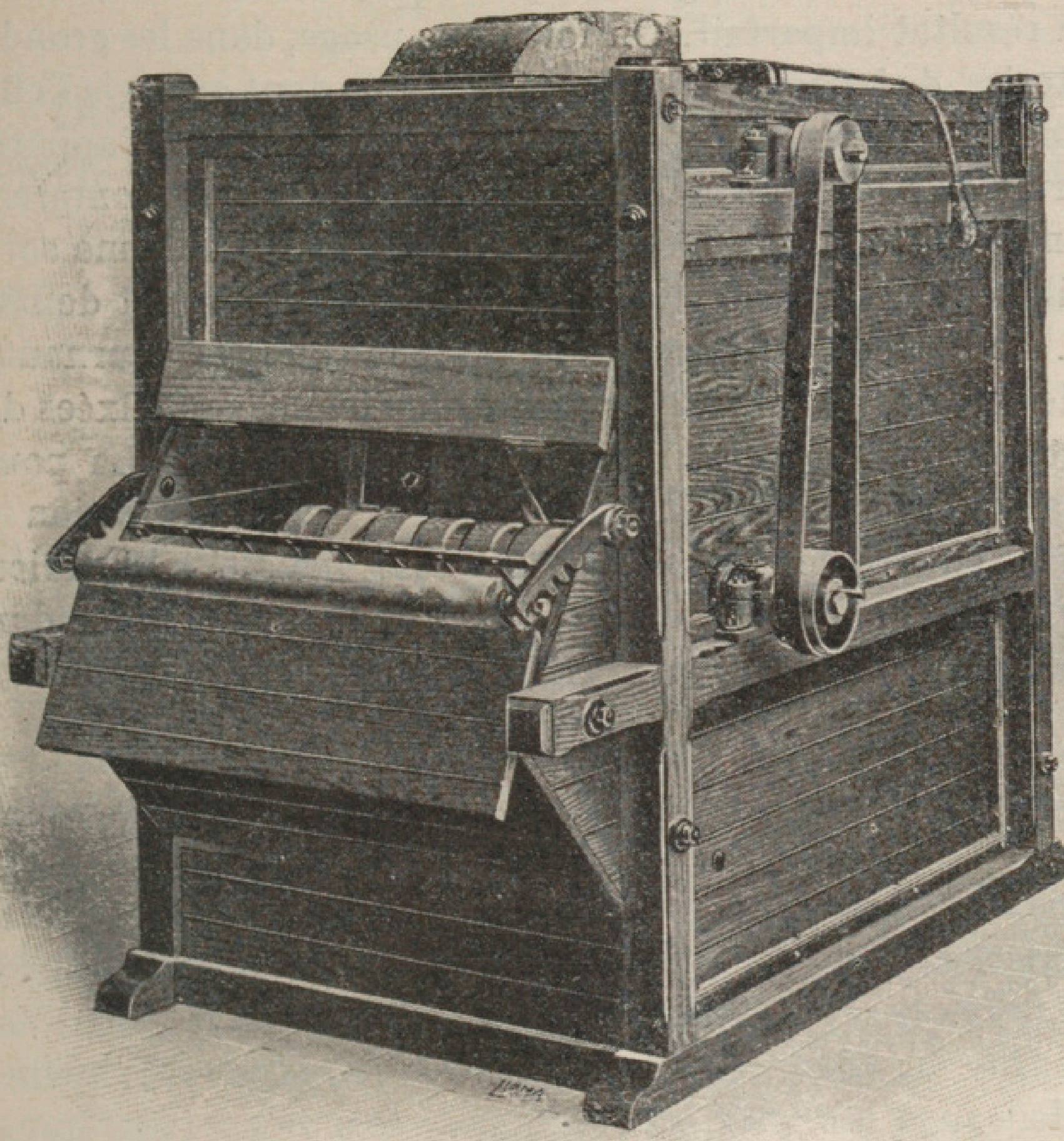


Fig. 106. — Batteur de sacs.

et plus le bras de levier du contrepoids grandit également. Enfin, au moyen d'un frein commandé par une tringle sur laquelle se déplace un poids curseur, on peut régler l'efficacité du contrepoids, de manière qu'on puisse admettre dans le sac un poids de farine plus ou moins grand. Dès que le sac est plein, un taquet mobile se déplace et l'admission est fermée ; on construit ces appareils pour sacs de 100, 120 et 159 kilogrammes.

Batteur de sacs. — Les sacs vides, qui sont envoyés au moulin, doivent être débarrassés de leurs poussières, avant d'être emplis à nouveau. Dans les petites installations, ce nettoyage est fait en secouant les sacs à la main ; on comprend que cette façon d'opérer soit dangereuse pour les ouvriers et ne donne qu'un résultat imparfait. On fait donc usage, dans les grandes minoteries, de batteurs spéciaux (fig. 106), dont on règle l'effet en éloignant ou en approchant un contre-batteur. L'appareil construit par la maison Teisset, Chapron et Brault comprend un contre-batteur, formé de tiges de fer constituant une sorte de grille et sur laquelle vient reposer le sac qu'il s'agit de nettoyer. Le batteur est formé d'un tambour de bois, tournant à grande vitesse, 450 tours par minte, sur lequel sont fixées des lanières de cuir portant des battes en parchemin. La poussière ainsi détachée est attirée par une forte aspiration et recueillie entièrement dans un collecteur, installé à l'intérieur du coffre de l'appareil ; ce dernier peut donc être placé dans un endroit quelconque sans crainte de souiller l'atmosphère.

CHAPITRE VIII

DIFFÉRENTS PROCÉDÉS DE MOUTURE RENDEMENTS. COMPARAISON DE LA MOUTURE PAR MEULES ET DE LA MOUTURE PAR CYLINDRES. COMMERCE DES FARINES COMPOSITION DES ISSUES

PROCÉDÉS DE MOUTURE ANCIENS

« L'art du meunier consiste, dit Parmentier, à dérober au grain son écorce, sans la réduire en poudre, sans qu'elle change de couleur ; à diviser la farine sans l'échauffer ni trop l'atténuer, afin qu'il ne s'établisse pas entre les parties une désunion capable de préjudicier à la blancheur, au goût et à la perfection de l'aliment qu'on a dessein de préparer. »

Les moyens employés pour arriver à ce résultat ont considérablement varié au cours des âges; ils se sont perfectionnés sans cesse, pour arriver enfin aux méthodes modernes, qui donnent les produits les plus parfaits, mais au prix d'un travail très long et très compliqué. La mouture peut s'obtenir en ne soumettant le blé qu'une seule fois à l'action des meules : c'est la mouture d'un seul trait, que l'on peut varier en rapprochant plus ou moins les deux meules l'une de l'autre; on peut, au contraire, opérer plusieurs moulages successifs, sur les parties que la première opération a laissées trop grosses, et c'est la mouture réitérée. La mouture d'un seul trait a été l'unique méthode employée, non seulement du temps des Romains, et dans toute l'antiquité, mais encore longtemps après, puisqu'il faut arriver jusqu'au XVIIIe siècle pour voir pratiquer le travail des semoules et gruaux, séparés du blé broyé une première fois. Cet emploi de la mouture à un

trait était, du reste, rendue obligatoire par des édits et ordonnances, de 1546 et 1658, faisant défense à tous boulangers « de faire remoudre aucun son, pour après en faire et fabriquer du pain, attendu qu'il serait indigne d'entrer au corps humain, sous peine de 48 livres parisis d'amende ». Ce mode d'opérer présentait donc le grave inconvénient de faire entrer dans la catégorie des sons tous les gros fragments d'amande farineuse, qui se trouvaient ainsi perdus pour l'alimentation humaine et qui étaient abandonnés aux animaux.

Mouture à la grosse. — Dans ce procédé, le blé était donc moulu par un seul passage entre les meules plus ou moins rapprochées, et le blutage des produits obtenus se faisait en dehors du moulin, chez le boulanger lui-même.

Mouture rustique ou septentrionale. — Le blutage se fait ici au moulin même ; le bluteau est adapté au mécanisme du moulin, et reçoit la farine à mesure qu'elle s'écoule par l'anche de l'archure, qui entoure la meule. Selon la finesse de l'étamine garnissant le bluteau, on distinguait trois sortes de produits : une maille large, laissant passer la farine, les gruaux et les recoupettes, fournissait la mouture du pauvre ; une maille un peu plus fine laissant passer seulement farine et gruaux donnait la mouture du bourgeois ; et enfin les mailles les plus fines, donnant seulement passage à la farine-fleur, fournissaient la mouture du riche. Dans cette méthode, le travail du bluteau se trouvant précipité, puisqu'il devait débiter autant que la meule elle-même, les sons pouvaient retenir une forte proportion de farine adhérente à leur surface ; aussi les boulangers préféraient-ils souvent la mouture à la grosse, qui leur laissait toute facilité pour opérer le blutage à loisir.

Mouture méridionale. — C'était la méthode suivie par les minotiers du midi de la France pour fabriquer le minot ou belle farine d'armement, qui était exportée pour l'approvisionnement de nos anciennes colonies des Indes. Le grain était moulu dans une mouture très serrée, et le produit du broyage n'était pas immédiatement bluté ; le tout était laissé en tas, en rame, ainsi nommé peut-être parce qu'on remuait la marchandise de temps à autre et la relevait ensuite avec des rames ou balais. La farine « faisait ainsi son effet », elle avait le

temps de se détacher du son par une dessiccation insensible, et se séparait ensuite plus aisément dans les bluteaux. Les meuniers méridionaux faisaient usage de puissants blutoirs rotatifs qui séparaient la farine de minot ou le fin, la farine simple ou le simple, et le grésillon, du son mêlé d'une grosse farine appelée Repasse ; ces deux derniers produits s'échappant à l'extrémité de l'appareil. La repasse formée de gruaux gris et de gruaux bis était séparée du son dans un blutoir particulier. Le fin était expédié aux colonies dans des barils nommés minots, et servait à la fabrication du pain de luxe ; le simple donnait le pain bourgeois, et le grésillon le pain des pauvres. Le mélange du minot avec le fin donnait la farine en co, le mélange du simple avec le grésillon donnait le grésillon fin.

Mouture économique ou à blanc. — L'origine de cette méthode n'est pas exactement connue : c'est une mouture réitérée, que Parmentier décrit comme l'art de faire la plus belle farine, de tirer du grain le plus grand rendement possible, d'écurer les sons sans les réduire en poudre, et de les séparer si exactement des produits moulus qu'il n'en reste pas la moindre parcelle. Müller, en 1616, constatait déjà qu'en Saxe, suivant un procédé usité de tout temps, les gruaux de seigle et de froment étaient remoulus plusieurs fois successivement. Parmentier prétend que la mouture économique fut pratiquée en Beauce vers 1650, par un meunier, Rousseau ; Malouin attribue l'invention du procédé aux meuniers Pigeault, de Senlis, à une date postérieure. Cette mouture ancienne, décriée d'abord, réhabilitée ensuite pendant les privations des disettes de 1709 et 1725, fut finalement prescrite en 1740. Les opérations successivement exécutées, et les produits obtenus étaient les suivants :

Le blé nettoyé, passé à la meule, puis au bluteau, donnait une première farine de blé, une deuxième farine de blé, et des gros sons. Ces gros sons traités dans le dodinage (bluteau à étamine grossière) donnaient des gruaux blancs, des gruaux gris, des gruaux bis, des recoupettes, des recoupes, et enfin du son maigre.

Les gruaux blancs, passés à la meule, puis au bluteau, fournissaient une première farine de gruau et des issues qui, passées

de nouveau à la meule et au bluteau, donnaient une deuxième farine de gruau et de nouvelles issues. Celles-ci, mélangées aux gruaux gris, étaient passés à la meule, puis au bluteau, donnant une troisième farine de gruau, et des issues qui, remoulues et reblutées, donnaient une quatrième farine de gruau bise et des issues. Enfin ces issues mélangées aux gruaux bis et aux recoupettes étaient traitées une dernière fois pour donner avec une cinquième farine de gruau, du fleurage.

D'après Parmentier, le rendement moyen que l'on obtenait était pour 100 parties en poids de blé :

Farine de blé ou fleur.....	38,33
— de 1er gruau ou gruau blanc, dite Blanc Bourgeois.....	19,17
— de 2e gruau ou gruau gris.....	9,58
— bise ou de 3e gruau.....	5,00
— de 4e gruau.....	2,92
— de remoulages de gruaux, gruaux bis ..	5,42
Recoupes.....	6,25
Gros son..	10,83
Déchet de mouture.	2,50

On retirait donc en moyenne, par ce procédé, 72,08 de farine blanche et 27,92 d'issues dont 2,92 de farine de quatrième gruau et 5,42 de remoulage.

On voit que cette mouture était une véritable mouture ronde, basée sur les principes mêmes qui sont actuellement suivis.

Mouture Lyonnaise. — Cette mouture, dit Parmentier, est le raffinement et l'abus du procédé de la mouture économique. Après avoir retiré comme précédemment la farine de blé, la première et la deuxième farine de gruaux, tout le reste est jeté avec les gruaux bis et les sons pour n'en faire qu'une seule mouture ; mais on est alors obligé de faire une mouture serrée, une mouture basse, et si on obtient une quantité de produits plus considérables, ils sont de qualité inférieure. Cette méthode n'est bonne qu'à faire des farines bises.

La *mouture Saxonne* est analogue à la mouture économique, mais certaines parties du grain passent une fois de plus sous la meule, et dans un ordre différent.

Mouture dite Américaine. — Cette mouture est, en réalité, d'origine française : ce n'est en effet que la mouture méridionale, perfectionnée d'après les indications de Parmentier et de Malouin : renoncer à l'habitude de laisser séjourner la farine avec le son ; et remoudre les gruaux pour mélanger la farine obtenue avec la farine dite de blé. Ce procédé fut suivi par les Américains, qui étaient venus emprunter aux minoteries du Midi de la France, leurs petites meules, mues rapidement et fonctionnant rapprochées l'une de l'autre.

O. Evans décrit ainsi ce procédé de mouture : le blé moulu aussi parfaitement que possible donne, avec une forte proportion de farine, des gruaux blancs, des gruaux gris, et des recoupettes. Les gruaux blancs sont tout d'abord séchés, c'est-à-dire débarrassés de la farine adhérente par un blutage, puis repassés à la meule. Cette remouture ne demande pas plus de 1/10 de la force nécessaire pour moudre le grain ; on la fait avec une faible pression, puisqu'il n'y a plus de son interposé entre les meules. Le produit moulu est bluté, après avoir reçu une faible proportion de son maigre, pour dégommer l'étamine du bluteau. Les gruaux bis sont remoulus de la même manière que les blancs, après un séchage, si cela est nécessaire, et donnent de la farine bise ; les recoupettes et sons ne valent que rarement la peine d'être remoulus (si les meules qui les ont produits étaient très émoussées). Evans donne les résultats suivants pour la mouture d'un blé blanc bien nettoyé :

Fleur de farine.....	68,19
2e farine et gruaux.....	6,19
Gruaux gris...	3,59
Recoupettes, recoupes et sons.....	20,34
Criblures et pertes pendant le moulage.....	1,69

Cette mouture, dite américaine, dans laquelle on opère en serrant les meules l'une contre l'autre pour produire beaucoup de farine et peu de gruaux, n'a été rendue possible que par le rayonnage des meules, permettant de leur demander un travail intensif. Cette méthode n'est autre que le procédé de mouture basse, aujourd'hui seul suivi dans les moulins qui employent encore les meules de pierre.

PROCÉDÉS DE MOUTURE MODERNES

Les procédés suivis actuellement dans la mouture du blé peuvent se ramener à deux principaux : la mouture basse, d'une part, effectuée par les meules, et qui se rattache à la mouture américaine ; et, d'autre part, la mouture ronde, dite encore mouture progressive ou mouture hongroise, et dont le principe se rattache à celui de la mouture économique. Le mode de travail que suivra le meunier, en appliquant l'un ou l'autre de ces deux procédés généraux, variera énormément suivant la nature du blé à traiter, et suivant la qualité particulière des produits qu'il faut obtenir pour satisfaire aux exigences de telle ou telle clientèle. Pour représenter d'une manière nette la marche des opérations qu'il faudra exécuter, le meunier dressera un diagramme. Il faut entendre par ce terme un tableau sur lequel on indique les différents appareils, soit par leur contour, soit par leur organe essentiel ; ces appareils sont reliés les uns aux autres par des lignes, indiquant les trajets suivis par les différentes marchandises ; ces lignes étant parfois très longues, on les munit, pour éviter toute confusion, de flèches placées de distance en distance, montrant nettement le sens des chemins parcourus. On voit facilement, à l'aide du diagramme, la fonction de toutes les machines du moulin, et leur succession. La confection du diagramme est la première opération, l'opération essentielle dans toute installation de moulin ; c'est le diagramme qui servira ensuite à l'établissement des plans de l'usine. Les diagrammes de nettoyage et de mouture varient à l'infini ; pour donner une idée du travail que demande la mouture complète du blé, nous donnerons seulement quelques exemples.

Les moulins sont, suivant leur importance, automatiques ou non, ou automatiques dans certaines de leurs parties seulement ; il faut entendre par là que, dans un moulin automatique, les produits qui sortent d'un appareil passent sans arrêt dans l'appareil suivant au moyen de conduits convenablement disposés ; cela n'est avantageux que pour les installations déjà suffisamment grandes, dans lesquelles les produits

intermédiaires de la mouture sont assez abondants pour alimenter des machines spéciales. Dans les petites usines, ces produits sont ensachés et portés à bras dans les appareils convenables : ainsi on met en sacs les diverses catégories de marchandises fournies par les sasseurs, on réunit celles de même qualité, et on les verse ensuite dans les convertisseurs correspondants.

Le fonctionnement automatique d'un moulin présente de grands avantages : il supprime de la main-d'œuvre, il permet d'obtenir des produits de qualité uniforme tant que la qualité du blé employé reste elle-même constante ; il ne donne lieu qu'à un minimum de production de poussière farineuse, et procure une économie de force motrice, le cheval-heure produisant un peu plus en mouture automatique qu'en mouture à la main.

Par contre, ce système présente aussi quelques inconvénients : il oblige à une grande complication dans l'installation du moulin, à cause du grand nombre des appareils de transport qui deviennent indispensables, et dont l'arrêt entraîne celui de toute la fabrication ; l'engorgement d'un seul tuyau dérange toute la circulation, qui est ensuite très longue à rétablir ; la marche d'un moulin automatique doit être continue, car, au départ, il faut attendre plusieurs heures avant que chaque machine ait pu prendre sa marche normale ; il faut enfin une très grande surveillance, et souvent le changement du blé travaillé entraîne également à faire des chargements dans la direction donnée aux produits intermédiaires dont la qualité se trouve avoir varié.

MOUTURE BASSE; EMPLOI DES MEULES ET DES BLUTERIES A PANS

Comme exemple de mouture basse, travaillant le blé au moyen des meules de pierre, nous décrirons le travail tel qu'il était pratiqué jusqu'à ces temps derniers dans le moulin où l'Assistance Publique de Paris fait fabriquer la farine destinée à la préparation du pain nécessaire pour les hôpitaux et hos-

pices du département de la Seine. Ce moulin à meules est aujourd'hui remplacé par un moulin des plus modernes travaillant en mouture ronde, au moyen des cylindres, comme nous le verrons tout à l'heure. La description du travail ancien nous renseignera cependant fort exactement sur ce qui se passe dans les moulins à meules, car la mouture exécutée dans le moulin de l'Assistance Publique était une mouture très soignée.

1° ***Nettoyage.*** — Le blé apporté au moulin en sacs est déversé dans une trémie dont le fond est garni d'une très grosse toile métallique, destinée seulement à arrêter les sacs qui pourraient échapper aux ouvriers, ou les très gros morceaux de ficelle ; le blé, pris par un élévateur, est déversé dans un boisseau ou réservoir dit boisseau à blé sale, d'une capacité de 200 quintaux ; c'est ce boisseau qui forme pour ainsi dire le volant nécessaire pour une bonne alimentation, retenant les quantités de blé qui arrivent en excès et qui ne peuvent être absorbées aussitôt par les appareils de nettoyage, fournissant au contraire une partie de la réserve lorsque, pour une raison ou pour une autre, l'arrivée du blé sale est momentanément ralentie. La partie inférieure du boisseau est terminée en forme de trémie, de sorte que le blé coule de lui-même dans un distributeur, qui l'envoie dans un élévateur à blé sale. Le nettoyage se fait alors successivement dans les appareils suivants : tout d'abord un émotteur cylindrique, enlevant au blé sale les plus grosses impuretés comme les plus fines, l'action de ce premier appareil étant complétée par celle d'un second émotteur-cribleur ; puis le blé, qui ne contient plus que le grain lui-même et les impuretés de même calibre que lui, passe dans un épierreur triangulaire de Josse : les pierres sont récoltées dans un panier, et la nappe de grains, qui sort de la machine, passe sur un appareil magnétique, en lame, et non pourvu d'une raclette automatique.

Nous trouvons ensuite la série des trieurs ; d'abord trois trieurs à graines longues, fonctionnant simultanément et alimentant trois trieurs à graines rondes placés immédiatement au-dessous d'eux. Le blé trié, sortant de ces trois appareils, se rassemble dans un conduit unique, pour se diviser à nouveau

entre deux colonnes épointeuses verticales, suivies de deux brosses tronconiques également à axe vertical. Les courants d'air chargés des poussières enlevées par les colonnes se rassemblent en un conduit unique, et vont se détendre dans une chambre à poussières ; un aspirateur, agissant sur les deux brosses, est aussi en communication avec cette même chambre à poussières. Sortant des brosses, le blé traverse encore un tarare finisseur, et le nettoyage est terminé par un passage dans quatre fendeurs-dégermeurs de Rose, travaillant en deux séries de deux appareils. A ces fendeurs succèdent aussitôt deux bluteries à pans ; la première sépare le grain, comme rejet, et comme extraction donne un mélange de farine noire et de germes. Cette extraction passe dans la seconde bluterie, placée au dessous de la première, et qui divise les produits précédents : la farine noire et les germes récoltés dans des trémies distinctes sont recueillis dans des sacs; la farine noire représentant environ 0,5 p. 100 du grain. A la suite de la bluterie, le grain fendu passe dans un mouilleur de Rose, complété par une vis mouilleuse; le mouillage se faisant seulement lorsque le blé est trop sec pour être moulu directement. La vis mouilleuse alimente deux boisseaux, dits boisseaux à blé propre, et dans lesquels le blé, maintenant complètement nettoyé, attend le moment d'être envoyé sous les meules. Le produit de la vis, lorsqu'il s'agit de blé très mouillé, peut être tiré en sacs, au moyen de six ensachoirs. Les appareils de nettoyage précédents, qui ne comportent pas de ventilateurs particuliers, sont reliés à un aspirateur ordinaire, qui, agissant sur le boisseau à blé sale, sur la bluterie après fendage, sur l'émotteur, sur l'épierreur, sur les trieurs, récolte toutes les poussières qui se dégagent des grains, et les entraîne dans une chambre spéciale, les empêchant ainsi de se répandre dans le moulin.

2° ***Mouture du grain.*** — Le grain fendu, sortant du silo à blé propre, est alors délivré dans treize paires de meules, travaillant à faible écartement, de manière à produire beaucoup de farine et peu de gruaux. L'action ainsi exercée par les meules étant des plus énergiques, il se produit un fort dégagement de chaleur et une grande production de vapeur. On se

sert, pour refroidir les moulins, du thermo-aspirateur de Perrigault. Cet appareil, que nous n'avons pas encore décrit, est constitué de la manière suivante. L'œillard de la meule courante est surmonté par un bout de tuyau, d'un diamètre un peu moindre que celui de l'œillard même, et reposant sur la meule par un rebord existant autour de son pied ; l'espace compris entre le haut du tuyau et les bords du trou central percé dans le couvercle de l'archure est occupé par une grande rondelle de basane, clouée sur les bords du trou et s'appuyant sur le tuyau, de manière que l'air aspiré entre les surfaces travaillantes des meules ne puisse s'introduire autrement que par l'œillard. Un tablier de basane, faisant soupape, garnit l'extrémité de l'anche par laquelle s'écoule la boulange. Un tuyau établit une communication entre l'intérieur de l'archure et une grande capacité cylindrique de $1^{m},40$ de haut, avec un diamètre égal, munie d'une double paroi. Cette capacité est établie au-dessus des meules et au centre du cercle formé par les différents tournants groupés autour du même arbre vertical. Un tuyau horizontal va de la partie supérieure de cette capacité, à la face inférieure d'une cage cylindrique dans laquelle tourne un aspirateur, à grande vitesse. Ce dernier refoule les produits d'aspiration, air, folle farine, et vapeur, dans la partie inférieure d'une chambre de 1 mètre de large sur $2^{m},65$ de long et $0^{m},50$ de haut ; cette chambre est divisée en cinq compartiments au moyen de quatre cloisons placées horizontalement et communiquant entre elles par des ouvertures disposées en chicane. La farine se dépose pendant le long parcours que l'air est obligé de faire, avant de sortir, purifié, à la partie supérieure de la caisse à compartiments. De petits manomètres à eau, disposés sur l'archure et sur la grande chambre cylindrique, permettent de mesurer la grandeur de la dépression produite dans l'archure ; au moyen d'un petit volet métallique qui peut être enfoncé plus ou moins dans le tuyau de départ de l'air, on peut à volonté régler la force de l'aspiration.

La boulange qui s'échappe des treize paires de meules est récoltée dans une unique chambre à boulange, munie d'un râteau à boulange, qui fait écouler la marchandise vers les

bluteries. Pour éliminer tout d'abord les grosses particules de son, qui fatigueraient inutilement les soies les plus fines, pour obtenir également une farine plus blanche en ne la ballottant pas longtemps en présence des sons, on fait, en premier lieu, passer la boulange dans une bluterie hexagonale, garnie d'une toile métallique du nº 40. Les sons bruts ainsi séparés sont ensuite envoyés dans une brosse à sons qui extrait une farine impure, des rougeurs, que l'on reçoit en sacs, et donne comme refus les sons brossés. Ces derniers, envoyés dans une bluterie diviseuse de sons, sont séparés en quatre catégories : les fines recoupettes, les moyennes recoupettes, les grosses recoupettes et enfin le son proprement dit qui constitue le rejet de la bluterie. La boulange passe de son côté dans une bluterie à farine, à six pans, de $6^{m},60$ de long et garnie de onze lés de soie qui se succèdent, par soies de plus en plus fines ; nous avons vu plus haut la raison de cette disposition qui semble contraire à la logique. Ces onze lés se décomposent de cette manière : trois lés de soie nº 110 ; deux lés de soie nº 120 ; deux lés de soie nº 130 ; deux lés de soie nº 140 ; un lé de soie nº 150 ; un lé de soie nº 160. Cette bluterie recueille comme produit unique de la farine de premier jet, qui s'écoule dans une chambre à farine, munie d'un râteau mélangeur à bras relevables, et qui commande un ensacheur. Le rejet de la bluterie à farine est constitué par le mélange des gruaux de toutes sortes ; ce mélange est envoyé dans une nouvelle bluterie de 7 mètres de long et comportant douze lés de soie, savoir : cinq lés de soie nº 60 ; deux lés de soie nº 70 ; trois lés de soie nº 60 ; deux lés de soie nº 50. Les gruaux blancs traversent les sept premiers lés de soie ; les trois lés suivants donnent les fines rougeurs, et les deux derniers séparent enfin les grosses rougeurs : l'ensemble de ces rougeurs étant réuni sous le nom de gruaux bis. Le rejet de cette bluterie fournit de moyens sons. Les deux catégories de gruaux sont alors séchées séparément, puis subissent exactement et parallèlement les mêmes opérations ; il suffira donc de décrire ce qui est relatif aux gruaux blancs. Ils passent donc dans une bluterie sécheuse de 7 mètres de long, garnie de sept lés de soie nº 110 et de cinq lés de soie nº 120, qui extrait encore une certaine quantité de farine, dirigée vers la chambre

à farine, et des gruaux secs, dont nous allons nous occuper maintenant. La proportion de farine, ainsi extraite par un seul coup de meule, est fort importante et représente 40 à 50 p. 100 du grain.

3° ***Travail des gruaux.*** — Les gruaux blancs sont envoyés dans la trémie d'alimentation d'un sasseur, appareil simple, analogue au sasseur Maurel, le sassage n'étant pas aussi perfectionné dans ce système de mouture que dans le système de la mouture progressive. La table du sasseur porte des peaux percées d'ouvertures de dimensions différentes : d'abord du n° 70, puis du n° 60, et enfin du n° 50 ; on obtient de la sorte quatre catégories de produits, des premiers, seconds et troisièmes gruaux, et des fins de mouture ; tous ces produits tombent dans des trémies particulières, disposées au-dessous du sasseur, et sont récoltés en sacs. Sur le sasseur agit un aspirateur qui refoule son courant d'air dans un collecteur à poussières. Dans ce genre de moulins, renfermant le plus souvent des appareils un peu anciens, on rencontre un collecteur, appelé collecteur à flanelle de Rose ; c'est un filtre à tissu, mais un peu différent des filtres que nous connaissons déjà.

L'appareil se compose d'une grande caisse de bois, de 2 mètres de haut environ et plus haute que large ; sur l'un des grands côtés débouche le conduit venant des sasseurs; le côté opposé est constitué par le tissu de flanelle filtrant, disposé en grands plis aussi hauts que la caisse elle-même, profonds de $0^{m},20$ environ, et réunis trois par trois. On place côte à côte, sur le même bâti, trois compartiments, munis ainsi chacun de la flanelle repliée trois fois. Le courant d'air filtre de l'intérieur à l'extérieur ; les poussières, retenues dans la caisse, se réunissent sur le fond, d'où elles sont entraînées par une vis sans fin. Pour détacher les poussières, on secoue à intervalles réguliers les plis, de la manière suivante : les trois plis d'un même compartiment sont fixés aux trois bras d'un levier qui peut osciller autour d'un axe fixé à la partie supérieure du filtre. A un moment donné, une came appuye sur le levier et fait entrer les plis de flanelle à l'intérieur même de la caisse ; puis, cette came cessant brusquement son action, les filtres sont fortement ramenés dans leur position primitive, au moyen d'un

contrepoids. Pendant que se fait ce nettoyage, l'admission de l'air dans le compartiment correspondant est suspendue, de manière qu'aucun courant n'empêche les poussières de se détacher. On dispose dans le filtre trois compartiments, côte à côte, pour que l'un d'eux soit toujours en service, pendant que les autres se rouvrent ou se ferment. Les poussières qui sortent de la vis d'évacuation sont récoltées en sacs.

Les trois catégories de gruaux que nous venons de sécher vont subir chacune le même travail, et il nous suffira de l'indiquer pour l'une d'entre elles. Les gruaux, qui ont été recueillis en sacs, sont déversés dans un boisseau à gruaux ; ils passent ensuite sous une meule qui donne une boulange de gruaux ; celle-ci remonte dans un râteau à boulange, qui alimente une première bluterie à boulange de gruaux. Cette bluterie porte dix lés de soie : trois du n° 110, deux du n° 120, deux du n° 130 et trois du n° 140 (cette bluterie est souvent remplacée par une bluterie centrifuge). L'extraction de cette bluterie est de la farine de gruaux qui est reçue en sacs ; le refus de la bluterie est formé par un mélange de gruaux qui reçoivent une division dans une nouvelle bluterie garnie d'un lé et demi de soie n° 120, un lé et demi du n° 100, un lé et demi du n° 80 ; on obtient ainsi en sacs trois lots de gruaux à remoudre.

Dans chacune des catégories, le travail est identique à ce que nous venons d'exposer pour les gruaux blancs, et les gruaux successivement obtenus rentrent en travail, un nombre de fois suffisant pour qu'ils soient complètement privés de toute leur farine, pour qu'ils soient usés. Les derniers produits que l'on récolte finalement, et qui comptent comme issues, sont appelés remoulages dans le travail des gruaux blancs, et bâtards dans le travail des gruaux bis.

On obtient, en fin de compte, la proportion suivante des différents produits, à chaque étape de la mouture :

Mouture de premier jet.

	Farine de premier jet	47,50	47,50
	Gruaux blancs, premier jet	13,92	
	— blancs, deuxième jet	8,95	
	— durs	7,20	
	Fines rougeurs	1,62	
	Grosses rougeurs	1,26	
	Recoupettes	2,50	
	Petit son	1,83	
	Moyen son	1,17	
	Gros son	14,00	

Remoulure.

1er tour.	Farine première de gruaux premiers	12,24	25,50
	— première de gruaux deuxièmes	7,20	
	— deuxième de gruaux durs	5,00	
	— troisième de fines rougeurs	0,60	
	— quatrième de grosses rougeurs	0,46	
	Gruaux à remoudre provenant des premiers blancs	1,08	
	Gruaux à remoudre provenant des deuxièmes blancs	0,85	
	Gruaux à remoudre provenant des durs	1,19	
	Bâtards	2,27	
2e tour.	Farine deuxième provenant de la remouture des prémiers blancs	0,62	1,77
	Farine deuxième provenant de la remouture des deuxièmes blancs	0,45	
	Farine troisième provenant de la remouture des durs	0,70	
	Produits à reprendre en bloc	1,05	
3e tour.	Farine quatrième provenant des fins de mouture	0,50	0,50
	Remoulages	0,50	
	Total des farines panifiables		75,27

En fin de mouture.

Farines premières	66,94	75,27
— deuxièmes	6,07	
— troisièmes	1,30	
— quatrièmes	0,96	
Issues et sons		22,30
Déchets		2,43
Total		100,00

MOUTURE RONDE; EMPLOI DES BROYEURS A CYLINDRES, ET DES PLANSICHTERS

L'exemple de mouture ronde ou progressive, se faisant au moyen des broyeurs à cylindres et des plansichters, employant en un mot les appareils les plus récemment construits, et représentant en somme, sinon le travail uniquement suivi aujourd'hui, du moins celui qui tend à se généraliser de plus en plus, nous sera fourni par le nouveau moulin de l'Assistance Publique, moulin qui vient d'être mis tout dernièrement en marche. Ce moulin a été construit pour traiter 25 quintaux de blé à l'heure, soit 600 quintaux par jour (fig. 107).

1° ***Nettoyage***. — Le blé emmagasiné dans les silos est amené dans deux boisseaux à blé sale ; les tuyaux de sortie se réunissent pour passer dans le même distributeur qui conduit le grain dans un trieur séparateur à tamis inclinés, et à aspiration. Le blé, ainsi débarrassé des grosses et des petites impuretés, passe dans un épierreur : cet appareil est rectangulaire ; il est soumis à une ventilation. A la suite de l'épierreur sont deux séries de trieurs, comprenant chacune un trieur à graines longues, suivi d'un trieur à graines rondes ; ces deux séries d'appareils fonctionnent parallèlement l'une à l'autre. Le grain trié se rassemble en un seul conduit pour passer dans une colonne épointeuse horizontale à manteau d'émeri, à laquelle fait suite un mouilleur, muni de cinq ensachoirs, pour que l'on puisse au besoin recevoir en sacs le blé mouillé. Le blé, désormais propre, est rassemblé dans deux boisseaux à blé propre. Ce blé subit encore quelques manipulations avant le broyage ; passant à travers un nouveau distributeur, il gagne une brosse à blé, passe ensuite dans un appareil magnétique, et se dirige enfin vers le premier broyeur, après avoir été pesé dans une bascule automatique.

Aux appareils de nettoyage sont annexés des collecteurs à poussières, à manches multiples, pour air refoulé. Il y a deux de ces appareils : l'un, de grandes dimensions, comptant 12 × 34, soit 408 manches de 3 mètres de haut, reçoit les poussières provenant du trieur séparateur, de l'épierreur et de la colonne

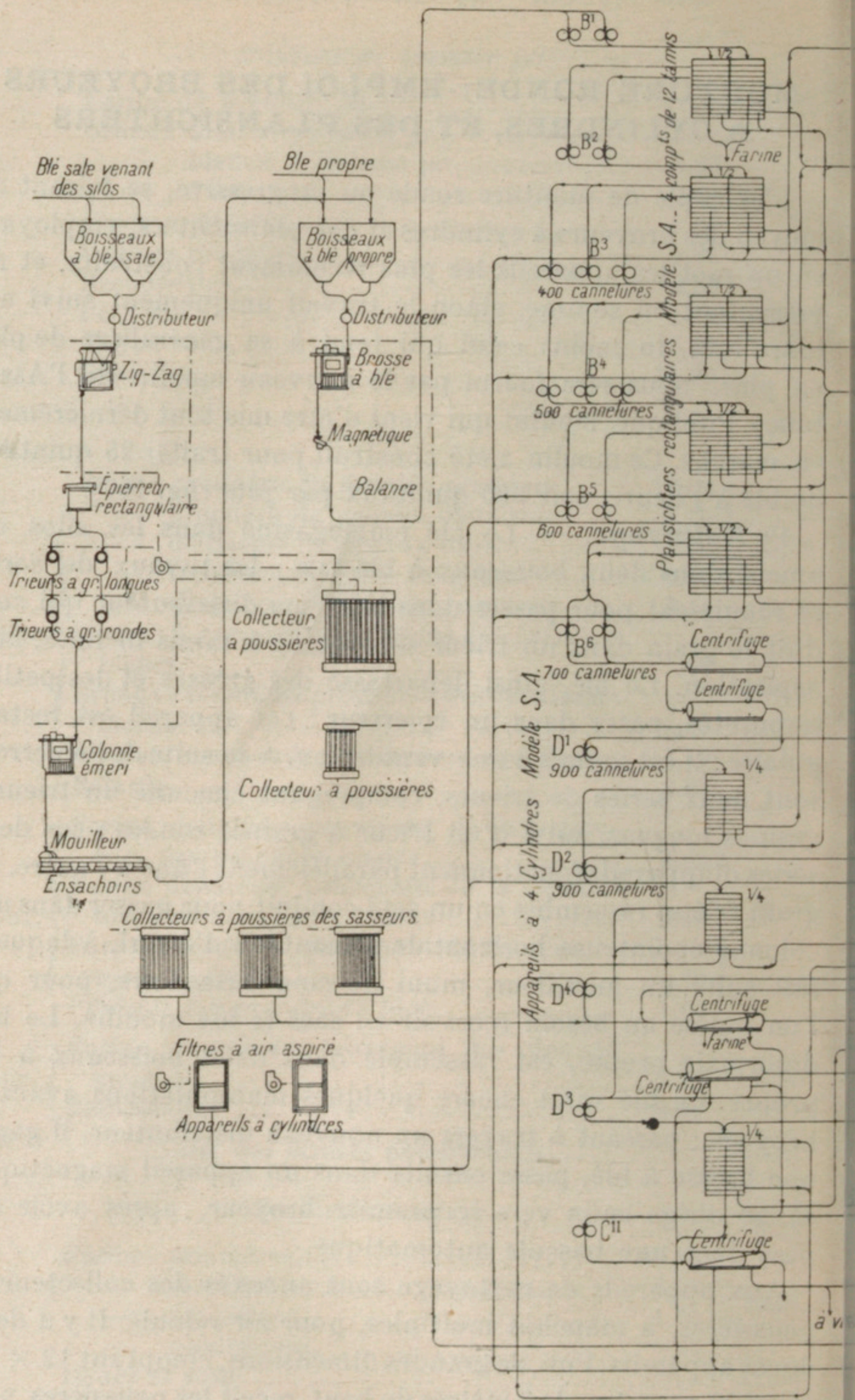
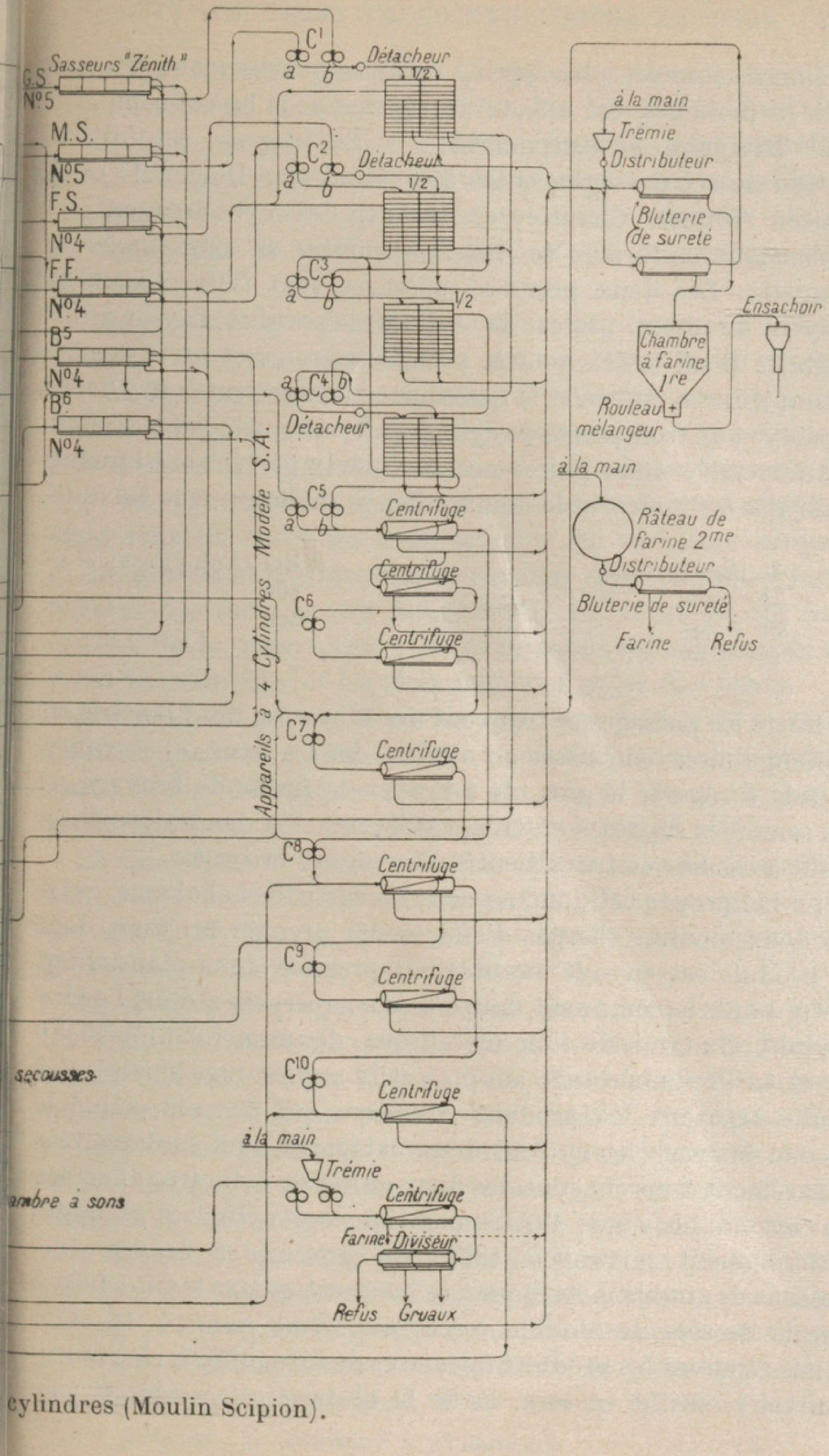


Fig. 107. — Diagrammes d



cylindres (Moulin Scipion).

à émeri ; l'autre, plus petit, comptant seulement 11 × 7, soit 77 manches, est affecté au service de la brosse à blé.

2° ***Broyage et extraction.*** — Le broyage est fait au moyen de six passages, entre des cylindres « Diagonal » de la maison Teisset, Chapron et Brault. Ces cylindres ont les dimensions uniformes de 100 centimètres de long sur 22 de diamètre. Les deux premiers passages sont faits chacun au moyen de deux paires de cylindres portant la cannelure anglaise Beall (n° 12 pour le premier passage et n° 16 pour le second). Le troisième et le quatrième passage sont faits chacun au moyen de trois paires de cylindres, le cinquième et le sixième au moyen de deux paires ; ces cylindres portent la cannelure française ordinaire, et le nombre des cannelures est le suivant :

3e passage.....	400	cannelures.
4e —	500	—
5e —	600	—
6e —	700	—

Entre les passages se trouvent des bluteries, des plansichters rectangulaires, en caisses accouplées deux à deux, et servant à la fois à séparer le gros blé à broyer, la farine de broyage, et les semoules séparées en trois catégories. Un demi-plansichter suffit à assurer ce travail entre chacun des broyages.

Le blé propre est donc réparti, au sortir de la balance, entre les deux moulins chargés d'effectuer le premier broyage, dont le produit est envoyé aussitôt au premier demi-plansichter. Cette bluterie comprend douze tamis superposés, dans l'ordre suivant : six tamis de toile métallique, des numéros 6, 7, 20, 20 42 et 42 (le numérotage adopté est le numérotage suisse). Ces tamis séparent les produits grossiers qui devront subir le second broyage, et en font deux catégories, qui sont traitées séparément dans chacune des deux paires de cylindres affectées au second broyage ; l'écartement de ces cylindres est réglé différemment suivant la taille des produits à broyer. Au-dessous des tamis métalliques, se trouvent quatre tamis à farine garnis de soie *xx* (double force) du même numéro 12. Ces tamis séparent les produits farineux constituant la farine noire, qui est recueillie en sacs. Enfin la bluterie est complétée par

deux tamis métalliques du nº 60, qui donnent comme rejet des fines semoules, comme extraction des fins finots. Les tamis métalliques de la tête de la bluterie séparent également des grosses et des moyennes semoules ; mais ces quatre catégories de produits ne sont pas assez nettement séparées et elles devront subir un travail complémentaire de séchage et de division.

Les produits grossiers subissent ensuite le second broyage dans les conditions que nous avons exposées et les produits du broyage se rendent à la seconde bluterie, qui sépare les mêmes catégories de produits que la première. Les numéros des tamis sont différents : six tamis métalliques des numéros 9, 9, 20, 20, 36 et 40, qui fournissent deux lots de marchandises répartis entre les trois moulins du troisième broyage, et des grosses et des moyennes semoules ; quatre tamis à farine portant des soies *xx* des numéros 11, 11, 12 et 12 qui fournissent de la farine fleur ; et deux tamis métalliques du numéro 58 pour séparer les fines semoules et les fins finots.

Les produits du troisième broyage sont traités de la même manière que ceux du second ; les tamis de la troisième bluterie sont : tamis métalliques nºs 10, 10, 18, 20, 36 et 40 ; quatre tamis de soie *xx* nº 11 ; tamis métalliques nºs 58 et 62.

Le quatrième broyage, effectué encore dans trois moulins, donne des produits séparés au moyen de tamis métalliques des nºs 9, 10, 22, 24, 36 et 36, de quatre tamis de soie *xx* nº 11 et de deux tamis métalliques nº 62.

Le produit du cinquième broyage, pour lequel deux paires de cylindres suffisent, reçoit, avant d'arriver à la bluterie correspondante, les produits de refus des bluteries de sûreté, que nous trouverons un peu plus loin. La bluterie de cinquième extraction est garnie de tamis métallique des nºs 10, 11, 28 et 28 ; de quatre tamis de soie *xx* nº 11 et deux nº 10 ; et de deux tamis métalliques du nº 90. Les tamis métalliques de tête servent uniquement cette fois à séparer les produits à remoudre, qui vont ensemble dans les deux broyeurs du sixième passage, il n'y a plus de grosses semoules. Les tamis métalliques de queue séparent deux produits de faible grosseur, dont les plus gros vont directement à un sasseur dit de cinquième

broyage, et dont les plus fins vont directement au convertisseur nº 7.

Les produits fournis par le sixième broyage ne peuvent être convenablement traités dans les plansichters : ils sont trop mousseux ; on les soumet donc à l'action de la bluterie centrifuge. Ils passent dans une première bluterie tout entière garnie de toile métallique du nº 30, mesurant $2^{m},50$ de long sur $0^{m},64$ de diamètre (ces dimensions sont les mêmes pour toutes les centrifuges du moulin). Cette première bluterie a pour effet de séparer les sons fins du reste de la marchandise. Ces sons gagnent une bluterie diviseuse, garnie de toiles des nºs 42 et 28, qui donne des sons fins et des gros sons. L'extraction de la bluterie centrifuge précédente passe dans une seconde bluterie centrifuge, à extraire, entièrement garnie de soie nº 11, qui donne de la farine d'une part, et d'autre part un mélange de produits grossiers ; ces derniers sont divisés dans une troisième centrifuge garnie de soie nºs 11, 12 et 6, fournissant encore de la farine, des produits fins à convertir, et des produits de rejet, un peu plus gros, qui sont envoyés directement, dans un sasseur spécial dit sasseur de sixième broyage.

3º ***Séchage et division.*** — Les semoules séparées par les quatre premières bluteries sont reprises par catégorie, séchées et divisées à nouveau. Les grosses et moyennes semoules, provenant des quatre premiers demi-plansichters d'extraction, sont réunies en un seul lot et envoyées sur une bluterie, constituée par un quart de plansichter et portant les douze tamis successifs suivants : trois tamis métalliques des nºs 32, 30 et 32 ; sept tamis à farine, dont deux de soie *xx* nº 11, trois du nº 12 et deux du nº 13 ; et enfin deux tamis métalliques du nº 90. Les tamis métalliques de tête séparent de grosses semoules qui vont au sasseur ; les tamis métalliques de queue donnent comme rejet de moyennes semoules à sasser et comme extraction des produits que l'on peut directement convertir (convertisseur nº 5).

Les fines semoules de broyage sont réunies en une seule marchandise, à laquelle on ajoute encore des produits de même grosseur provenant du désagrégeage, et le tout est

envoyé dans une seconde bluterie sécheuse, représentant encore un quart de plansichter et présentant successivement : trois tamis métalliques du nº 55 ; deux tamis de soie nº 11 ; trois tamis de soie nº 12 ; deux tamis de soie nº 13 ; et enfin deux tamis métalliques nº 90. Les tamis de tête séparent les fines semoules à sasser, les tamis de queue donnent en refus de fins finots à sasser, et en extraction des produits fins qui, réunis aux produits de même nature, provenant de la sécheuse précédente, sont dirigés avec eux sur le convertisseur nº 5.

Enfin, les fins finots de broyage, réunis à ceux du premier désagrégeage, sont dirigés sur une troisième bluterie sécheuse, portant : deux tamis métalliques nº 58 ; un tamis métallique nº 52 ; trois tamis de soie *xx* nº 11 ; deux tamis de soie nº 10 ; un tamis de soie nº 11 ; un tamis de soie nº 12 ; un tamis métallique nº 80 ; et enfin un tamis métallique nº 90. Les tamis métalliques de tête séparent de fines semoules qui sont réunies aux fines semoules de broyage avant leur arrivée à la bluterie sécheuse correspondante ; les tamis métalliques de queue extraient des produits envoyés directement, eux aussi, au convertisseur nº 5, et rejettent des fins finots qui sont sassés, après avoir été réunis aux fins finots provenant de la bluterie précédente.

4º ***Sassage.*** — On a vu dans ce qui précède que le sassage était assuré au moyen de six sasseurs ; il existe, en réalité, trois sasseurs doubles, mais fonctionnant comme six appareils distincts ; ce sont des sasseurs Zénith, qui portent sur la table de sassage quatre numéros de soie différents.

Le sasseur à grosses semoules est garni de soies nos 28, 26, 24 et 20 ; il fournit trois catégories de produits. Les semoules blanches les plus lourdes vont directement au convertissage (convertisseur nº 1) ; les semoules bises les plus grosses vont au désagrégeage (premier désagrégeur) ; les produits vêtus les plus légers sont amenés à la centrifuge du troisième désagrégeage où nous les retrouverons tout à l'heure. A ces produits légers on réunit également tous les produits légers éliminés par les cinq autres sasseurs.

Le sasseur à moyennes semoules est garni de soies nos 36, 34, 30 et 28 ; il fournit des semoules blanches qui vont au conver-

tisseur n° 1, et des semoules bises qui, réunies aux précédentes, vont au premier désagrégeur.

Le sasseur à fines semoules porte des soies nos 38, 36, 34 et 32; il sépare des semoules blanches qui vont au deuxième convertisseur et des semoules bises qui vont avec les précédentes au premier désagrégeur.

Le sasseur à fins finots, garni de soies nos 44, 42, 42 et 40, donne des semoules blanches pour le second convertissage, et des semoules vêtues pour le second désagrégeur.

Le sasseur du cinquième broyage est garni de soies nos 50, 50, 48 et 36 ; sous la table de sassage on récolte deux produits : le premier va au cinquième convertissage, avec les fins produits extraits en queue des bluteries sécheuses ; le second va au deuxième désagrégeage ; les produits vêtus provenant de ce sassage vont au troisième désagrégeage.

Enfin le sasseur du sixième broyage, garni de soies nos 48, 40, 38 et 36, donne des produits pour le troisième et pour le quatrième désagrégeage.

5° ***Désagrégeage.*** — Les désagrégeurs sont au nombre de cinq ; chaque passage comporte seulement une paire de cylindres.

Ces cylindres mesurent, comme les broyeurs, 100 × 22 pour les deux premiers passages, les autres ont seulement 80 × 22, et ils sont tous montés de la même façon. Les cylindres du premier désagrégeur sont cannelés très finement (ils portent 900 cannelures) ; les cylindres des passages suivants sont lisses.

Le premier désagrégeur travaille les grosses semoules vêtues provenant des sasseurs à grosses, moyennes et fines semoules, en mélange, et le produit de la mouture est envoyé dans un quart de plansichter, garni de : trois tamis métalliques n° 40 ; cinq tamis à soie n° 11 ; deux tamis à soie n° 12 ; deux tamis métalliques n° 58. Les tamis métalliques de tête séparent les gros produits qui vont au deuxième désagrégeur ; les deux tamis de queue rejettent des produits, qui, réunis aux produits correspondants de broyage, vont avec eux à la bluterie sécheuse n° 2 ; ces mêmes tamis extraient des produits fins qui vont à la bluterie sécheuse n° 3, en mélange

également avec les produits les plus fins divisés par les bluteries d'extraction.

Le désagrégeur nº 2 travaille à la fois les produits provenant du désagrégeur nº 1, les produits venant des sasseurs à fins finots et de cinquième broyage, et en troisième lieu les produits les plus gros séparés après le premier convertissage. Le tout, après mouture, est envoyé dans un quart de plansichter portant les tamis suivants : deux tamis métalliques nº 40 ; deux tamis de soie nº 11 ; trois tamis de soie nº 12 ; deux tamis de soie nº 11 ; deux tamis de soie, pour division, nº 4. Les tamis métalliques séparent les gros produits qui vont au troisième désagrégeur ; les soies de division donnent de gros produits qui vont au cinquième désagrégeur et des produits plus fins dirigés sur le huitième convertisseur.

Le troisième désagrégeur travaille les produits du second désagrégeur, unis à ceux provenant des sasseurs de cinquième et sixième broyages ; le produit de la mouture passe dans une bluterie centrifuge, garnie de soies nºs 10 et 11, et d'une soie de division nº 1. Cette bluterie donne une certaine quantité de farine, et par la soie de division des produits encore grossiers qui, réunis aux produits de même nature, fournis par la troisième centrifuge placée à la suite du sixième broyage, vont au quatrième désagrégeur. Le refus de cette bluterie centrifuge est du son, qui est dirigé, en mélange avec le son de broyage, sur la diviseuse à sons.

Le quatrième désagrégeur travaille uniquement les produits précédents ; le produit de la mouture, après avoir subi l'action d'un détacheur, gagne un plansichter garni de : deux tamis métalliques nº 34 ; quatre tamis de soie nº 11 ; deux tamis de soie nº 12 ; deux tamis de soie nº 11 ; et deux tamis métalliques nºs 60 et 70. Les produits grossiers, séparés de la farine et mélangés aux produits de la bluterie du second désagrégeage, gagnent enfin le cinquième désagrégeur, dont la mouture passe dans une bluterie centrifuge portant des soies nºs 11 et 12 et une soie de division nº 2 ; les derniers produits, non encore farineux, divisés par la soie sont dirigés sur le dixième convertisseur, et le refus de la bluterie, constituant des produits usés (bâtards), est reçu en sacs.

6° ***Convertissage.*** — Les convertisseurs sont au nombre de 11 ; les cinq premiers passages comportent chacun deux paires de cylindres ; les autres, une paire seulement. Tous ces cylidres sont lisses et mesurent 80 centimètres de long sur 22 de diamètre.

Le premier passage de convertissage reçoit dans l'un de ses moulins les semoules blanches du sasseur à grosses semoules, et dans l'autre les semoules provenant du sasseur à moyennes semoules ; la mouture des deux appareils est rassemblée, passe dans un détacheur, et gagne une bluterie (un demi-plansichter) garni de : trois tamis métalliques n° 44 ; quatre tamis de soie n° 10 ; trois tamis de soie n° 11 ; deux tamis de soie n° 4.

On voit que, pour les bluteries du convertissage, la proportion des tamis à farine augmente sensiblement, le but des convertisseurs étant de donner le plus de farine possible. Les tamis métalliques de tête donnent des produits qui gagnent le deuxième désagrégeur. Les sept tamis de soie n°s 10 et 11 donnent d'une part de la farine et d'autre part des gruaux qui vont au troisième convertisseur ; les deux derniers tamis séparent deux catégories de gruaux, allant les uns au troisième convertisseur et les autres au quatrième.

Les cylindres du second convertisseur sont alimentés, les uns par le sasseur à fines semoules, les autres par le sasseur à fins finots. La mouture des fines semoules traverse un détacheur, avant de gagner la bluterie, que gagne également, mais sans détachage préalable, la mouture des fins finots. La bluterie du second convertissage est garnie de la façon suivante : trois tamis métalliques n° 46 ; quatre tamis de soie n° 10 ; trois tamis de soie n° 11 ; deux tamis de soie n° 4. Les gruaux, ainsi séparés et réunis ensuite aux catégories correspondantes données par la bluterie précédente, vont avec elles au troisième et au quatrième convertissage.

Après le troisième convertissage, la mouture, fournie par les deux paires de cylindres, est répartie sur un demi-plansichter comportant deux tamis métalliques n° 50, six tamis de soie n° 10 et quatre tamis de soie n° 11, ce qui fait 10 tamis à farine. On obtient en tête de gros produits qui vont au huitième con-

vertisseur, et en queue des gruaux qui alimentent un des deux moulins du quatrième convertisseur, l'autre étant occupé par les gruaux réunis de la première et de la deuxième bluterie de convertissage ; les produits passent dans un détacheur, et gagnent en même temps que les précédents la quatrième bluterie. Cette bluterie porte deux tamis métalliques n° 50, cinq tamis de soie n° 10 et cinq tamis de soie n° 11 ; elle donne en tête des produits pour le huitième convertisseur, et en queue des gruaux pour le cinquième convertisseur.

Le cinquième convertisseur travaille, avec sa seconde paire de cylindres, les produits fins venant des bluteries sécheuses et du sasseur de cinquième broyage ; les produits des deux paires de cylindres sont réunis et envoyés dans une bluterie centrifuge portant de la soie à farine n° 10 et une soie de division n° 2 ; le rejet de cette dernière soie gagne le convertisseur n° 8 ; l'extraction est passée dans une seconde centrifuge sécheuse portant des soies n°s 11 et 12, dont le rejet va au convertisseur n° 6, muni d'une seule paire de cylindres.

Le produit du sixième convertisseur va à une centrifuge (soies n°s 10, 11 et 12) dont le rejet va au convertisseur n° 7.

Le convertisseur n° 7 travaille, en même temps que les produits précédents, les produits les plus fins du cinquième plansichter de broyage, et la mouture est blutée dans une centrifuge à soies n°s 10, 11 et 12. Le rejet de la bluterie, additionné d'une part des gruaux provenant des bluteries après troisième, quatrième et cinquième convertissages, et d'autre part des gruaux provenant du deuxième désagrégeage, est envoyé au convertisseur n° 8.

La mouture de ce convertisseur est additionnée des produits récoltés d'une part dans les trois collecteurs doubles à manches multiples (11 × 7 manches) recevant l'air d'aspiration des sasseurs, et d'autre part dans les filtres à air aspiré provenant des appareils à cylindres, et le tout est envoyé dans une bluterie centrifuge portant de la soie à farine n° 11 et de la soie à division n° 2 ; cette dernière extrait des gruaux pour le convertisseur n° 9 et refuse des gruaux qui vont au convertisseur n° 10.

Les produits du neuvième convertissage sont blutés dans

une centrifuge, garnie en soies à farine nos 11 et 12, dont le refus, mélangé au refus de la centrifuge du convertisseur no 8 et aux gruaux provenant de la centrifuge du cinquième désagrégeur, est travaillé une dernière fois dans le convertisseur no 10.

Le convertisseur no 10 envoie sa mouture dans une bluterie centrifuge garnie en soie à farine no 11 et en soie de division no 2. Les produits ainsi séparés sont terminés et reçus en sacs.

Le convertisseur no 11, qui compte deux paires de cylindres, est un appareil indépendant, qui reçoit, à la main, les produits divers, non encore terminés, et dont la mouture passe d'abord dans une centrifuge à extraction, munie de soies nos 11 et 12, puis dans une diviseuse avec toiles métalliques nos 50 et 80, qui fournit encore trois produits reçus en sacs.

La farine, produite au cours de ce long travail, est récoltée au sortir des bluteries d'extraction, des bluteries sécheuses, des bluteries de convertissage et des bluteries de désagrégeage ; elle forme deux lots, les différentes farines étant assemblées selon leur couleur. La composition des mélanges varie naturellement selon la qualité des blés mis en œuvre. Toute la farine blanche, amenée par un seul collecteur, est déversée dans une ou deux bluteries mesurant 3 mètres de long sur 1 mètre de diamètre, et garnies de soies nos 7 et 8 ; l'extraction de ces bluteries, formant la farine terminée, gagne une chambre à farine première, tandis que le refus des bluteries est renvoyé à la cinquième bluterie de broyage. Dans la chambre à farine première se trouve un rouleau mélangeur qui déverse les produits dans un élévateur, lequel aboutit, soit à la chambre elle-même, tant que le mélange n'est pas suffisamment parfait, soit, en fin de travail, à un ensachoir.

Il existe de même une chambre, avec râteau mélangeur pour la farine deuxième, complété par une bluterie de sûreté, portant des soies nos 8, 9 et 10.

On voit par cette longue description que le travail de la meunerie, par la méthode de la mouture progressive ou ronde, est extrêmement compliqué, mais qu'il se prête parfaitement à toutes les modifications désirables, permettant pour ainsi

dire de produire à volonté telle ou telle qualité de produits. Pour achever de fixer les idées sur le travail précédent, il nous reste à indiquer par des chiffres les différentes proportions des produits que nous avons tour à tour rencontrés. Les chiffres qui vont suivre n'ont pas été pris dans le moulin de l'Assistance Publique, mais ils se rapportent à un travail analogue ; les chiffres de cette nature varient d'ailleurs légèrement selon le blé que l'on travaille.

Broyage.

Farine noire du 1er broyeur	0,7
— fleur	15,3
— rousse du dernier broyeur	4,0
Semoules blanches ou vêtues	54,3
— bises du dernier broyeur	3,1
Sons gros et moyens non brossés	20,0
Total	97,4
Produits de nettoyage	2,1
Pertes	0,5
Total	100,00

Remouture.

Semoules de toutes sortes à remoudre		57,4
Farine blanche	50,7	57,4
— seconde	1,5	
Remoulages	0,8	
Bâtards	1,8	
Recoupettes	1,8	
Pertes	0,8	

En fin de mouture.

Farine	noire	0,7	0,7	73,6
	blanche — de broyage	15,3	66,0	
	blanche — de convertissage	50,7		
	bise — de broyage	4,0	6,9	
	bise — de convertissage	1,5		
	bise — de brosse	1,4		
Issues.	Remoulages		0,8	23,0
	Bâtards		1,8	
	Recoupettes		1,8	
	Gros et moyens sons		18,6	
	Produits de nettoyage			2,1
	Pertes, évaporation			1,3
				100,00

Pour comparer les deux systèmes de mouture, il suffit de comparer les chiffres de production de la farine de premier jet : 47,50 en mouture basse, 15,3 en mouture ronde, et le chiffre de production des semoules à remoudre : 13,92 en mouture basse et 57,4 en mouture haute.

Si le type de moulin que nous venons de décrire représente les usines nouvellement construites, il y a encore un grand nombre de moulins qui fournissent ce qu'on peut appeler des types de transition : les méthodes de la mouture ronde sont bien suivies, mais les appareils employés ne sont pas tous modernes ; une partie des opérations se fait avec l'ancien matériel ; le travail des semoules et gruaux se fait dans des moulins à meules, ou bien les opérations de blutage sont exécutées sans le secours des bluteries planes. Dans ce dernier cas, on trouve entre chaque broyeur à cylindres une bluterie hexagonale, dont le refus est envoyé au broyeur suivant ; les extractions de toutes ces bluteries sont réunies de manière à ne former qu'une boulange unique, rappelant celle de la mouture basse, avec cette différence seulement que nous n'avons plus ici les gros sons, séparés à la fin du broyage. La boulange traversera alors une bluterie, garnie d'une solide soie, triple force (à cause du poids considérable de la marchandise à traiter), pourvue de larges mailles (n° 46), qui séparera d'un côté les grosses semoules, et de l'autre le mélange de farine, de finots et de fines semoules.

Ce mélange passe alors dans une seconde bluterie hexagonale, garnie de soies fines des n°s 130 à 150, et qui donne la farine de broyage, retenant les finots et fines semoules que l'on divise dans une troisième bluterie hexagonale, portant des soies du n° 60.

Les grosses semoules, après séchage, sont sassées : les semoules blanches passent au convertisseur, les semoules vêtues au désagrégeur ; les boulanges obtenues passent dans des bluteries centrifuges, qui donnent de la farine et des gruaux à remoudre. Les fines semoules subissent le même travail que les grosses ; les finots passent directement au convertissage, sans sassage préalable.

MOUTURE MIXTE

Entre les types extrêmes de la mouture basse et de la mouture haute, on trouve un autre genre de travail, que l'on désigne sous le nom de mouture mi-ronde, ou de mouture mixte, et qui est intermédiaire entre les deux types précédents. La mouture mixte n'est, du reste, pas bien définie, elle peut se

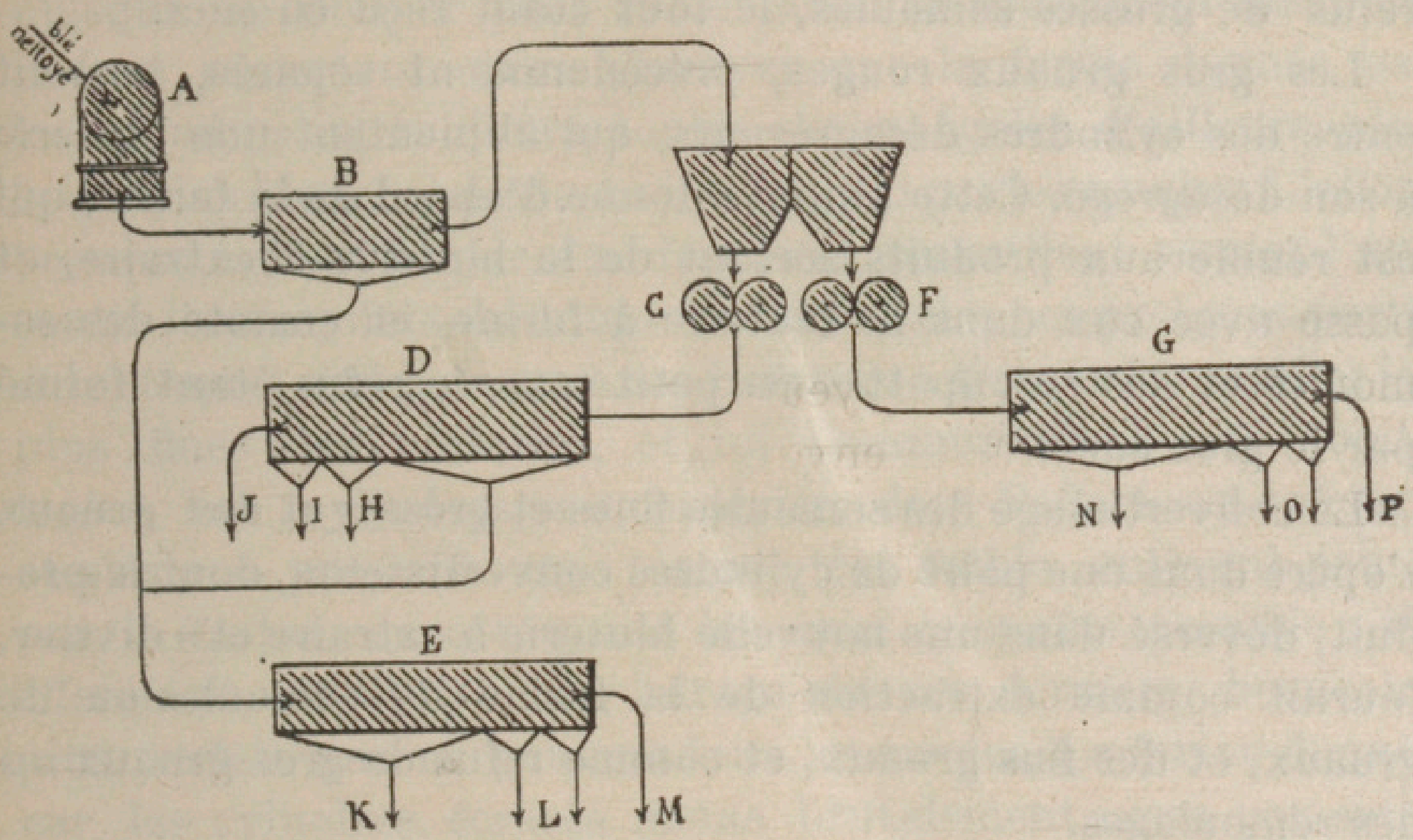


Fig. 108. — Diagramme de mouture abrégée.

rapprocher d'un extrême ou de l'autre, suivant la proportion de farine que l'on obtient pendant le broyage.

Mouture abrégée. — Signalons enfin, pour terminer cette question, le procédé de mouture abrégée, avec broyage du blé par granulateur et cylindres, système Rose frères (fig. 108), procédé qui convient très bien pour la transformation des petits moulins.

Le blé nettoyé, qui peut passer tout d'abord dans un fendeur-dégermeur, et dans une bluterie à farine noire, est envoyé dans un granulateur. Cet appareil travaillant, suivant sa dimension, de 100 à 500 kilogrammes, on en installe un nombre correspondant au travail de l'usine ; il est, du reste, inutile que tous les granulateurs fonctionnent en même temps, ce qui est particulièrement avantageux quand on ne dispose que d'une

force variable, car la machine opère par un seul passage, et le grain ne traverse pas successivement tous les granulateurs du moulin. Le produit qui sort du granulateur se rend dans une bluterie d'extraction à six pans, donnant en queue de gros gruaux rouges, reçus dans un boisseau. Les produits blutés, formant l'extraction, sont envoyés ensuite dans une nouvelle bluterie, bluterie à farine et bluterie diviseuse à la fois, qui donne pour extraction de la farine et de fines semoules, et pour refus de grosses semoules, le tout étant reçu en sacs.

Les gros gruaux rouges, précédemment séparés, passent entre des cylindres désagrégeurs, qui alimentent une bluterie à son désagrégé. Cette bluterie donne d'abord de la farine, qui est réunie aux produits sortant de la bluterie à extraire, et passe avec eux dans la bluterie à farine, et ensuite des semoules et des recoupettes ou petit son ; le refus étant formé par le gros son.

Le convertissage des semoules fines et grosses et des gruaux s'opère dans une paire de cylindres convertisseurs, dont le produit, déversé dans une nouvelle bluterie à extraire et à diviser, fournit comme extraction de la farine de semoules ou de gruaux, et des fins gruaux, et comme refus de gros gruaux ou des remoulages.

Ce procédé conservant la plupart des bluteries déjà existantes est avantageux pour la transformation des petits moulins qui se fait ainsi à peu de frais.

FORCE NÉCESSAIRE POUR LA MOUTURE PAR LES DIFFÉRENTS PROCÉDÉS

Il est intéressant de savoir quelle est la dépense de force qui est nécessaire pour réaliser la mouture du blé, soit au moyen des meules, soit au moyen des cylindres. La comparaison des deux systèmes a été faite en 1884 par Grandvoinnet, lors du concours organisé par la Chambre syndicale des grains et farines de Paris. Le travail au moyen des meules a demandé par heure, pour un quintal de blé : broyage, 8 chevaux 81 ; remouture des gruaux, blutage, etc., 1,92 : soit au total $10^{ch},73$.

La même opération faite au moyen des cylindres (six broyeurs du système Ganz), a pris : pour les six broyeurs, 1ch,93 ; pour le sassage, 0,34 : pour le désagrégeage, 0,15 ; pour le blutage et le convertissage, 4,23 : soit au total : 6ch,65. L'avantage est donc nettement en faveur des cylindres. Mais cette raison n'est pas la seule qui explique l'adoption générale des cylindres ; leur emploi se justifie surtout à cause des qualités de la farine qu'ils permettent d'obtenir. Sans rien dire du rendement, puisque ce dernier peut varier selon la volonté du meunier, il faut seulement faire observer que la farine donnée par les cylindres est toujours, toutes choses égales d'ailleurs, plus belle, plus blanche que la farine fournie par les meules. L'effort brusque accompli par ces dernières, travaillant serrées l'une contre l'autre, détache toujours des enveloppes quelques particules ténues, qui passent avec la farine à travers les mailles les plus fines des bluteries, et lui communiquent une teinte légère. Les cylindres, au contraire, dont l'effort est ménagé et s'exerce pendant un temps très faible, enlèvent peu à peu la farine, en attaquant les sons le moins possible ; ils effectuent, en outre, un curage de ces derniers beaucoup plus parfait que ne peuvent faire les meules. La farine donnée par les cylindres, écrasée moins brutalement, sera par suite beaucoup moins échauffée ; son gluten conservera toutes ses propriétés élastiques, et le pain, le produit qui, en fin de compte, nous intéresse seul, sera mieux levé et de meilleure qualité. On a reproché à la farine fournie par les cylindres d'être moins parfumée que l'ancienne farine produite par les meules ; cela est vrai, ce fait s'expliquant aisément par la présence, dans la seconde, des germes moulus, qui sont riches en matière grasse parfumée, comme nous l'avons vu au début de cette étude. Mais cette huile, si elle est parfumée, est aisément altérable, et les farines qui la contiennent ne se conserveront pas aussi longtemps que les farines de cylindres qui en sont exemptes. En outre, les consommateurs recherchent de plus en plus aujourd'hui, et dans toutes les classes de la société, du pain blanc, et cette raison seule suffirait à expliquer la transformation de nos engins de mouture.

COMMERCE DES FARINES

La farine dont nous venons d'étudier la production n'est pas entièrement consommée en France ; une partie sort de notre territoire, en exportation. Le tableau suivant, extrait de la Statisque agricole annuelle, nous donne les quantités exportées, en quintaux, pour les farines de froment, épeautre, méteil :

	1911	1910	1909
Angleterre	242	438	6.612
Suisse	352	505	1.262
Algérie	26.140	39.631	89.441
Tunisie	89.305	129.755	247.935
Indo-Chine	17.567	38.351	50.469
Madagascar	17.139	18.622	16.647
Autres pays	20.435	24.563	26.039
Totaux	171.180	251.865	438.405

A côté de ces quantités exportées, il convient de mettre les quantités importées pour les mêmes produits et pour les mêmes années :

	1911	1910	1909
Allemagne	6 643	7.490	9.841
Autriche	11.249	8.428	10 445
Belgique	4.456	4.481	—
Algérie	103.519	95.287	16.071
Tunisie	10.472	7.497	5.815
Autres pays	1.790	1.952	1.496
Totaux	138.129	125.135	43 668

Dans l'intérieur du territoire, la vente des farines est presque toujours faite directement par le meunier au boulanger ;

parfois cependant la boulangerie achète les farines à des commissionnaires qui s'approvisionnent dans les moulins, pour leur propre compte.

A côté de ce marché libre, il existe un « Syndicat du commerce des farines fleurs de Paris », vieux de plus de cinquante ans, qui exerce une influence considérable sur le marché des farines ; il a pour but de maintenir toujours à la disposition des acheteurs une farine fleur de froment, répondant à une qualité moyenne, déterminée périodiquement suivant un règlement spécial.

Le Syndicat actuel, qui résulte de la fusion de deux organisations antérieures, est administré par une Commission de neuf membres, meuniers ou négociants, élus par les adhérents au Marché des farines, et renouvelable chaque année. Le type de la farine étalon est établi chaque mois, et représente la moyenne de douze farines fleur provenant des usines de douze meuniers du rayon d'approvisionnement de Paris. Ces meuniers, présentés par la Commission, sont élus par le Commerce spécial de Paris, qui élit en outre six suppléants pour remplacer les meuniers exclus ou démissionnaires. Le contrôle de la farine fabriquée a lieu tous les mois. Chaque meunier fabricant-type doit déposer, dans les cinq premiers jours du mois, au siège de la direction, un sac de 159 kilogrammes de farine-fleur, de la fabrication la plus récente : sac plombé, portant le nom du meunier, l'année et le mois de la fabrication ; ces sacs servent à établir les étalons nécessaires aux expertises. La qualité des farines ainsi déposées est contrôlée au moyen d'échantillons de comparaison de 3 kilogrammes, prélevés chez les différents boulangers de Paris ; on contrôle ainsi si la farine type représente bien exactement la marchandise couramment livrée au commerce. Si le type déposé est reconnu inférieur trois fois, en des mois différents, dans le cours d'un an, ou ne représente pas exactement la fabrication du meunier considéré, même si le type est supérieur à la marchandise livrée, le meunier est exclu du Marché, et ne peut être réélu, avant un délai d'un an.

Les farines ainsi apportées pour la confection de la farine-étalon subissent une analyse chimique, et un essai de panifi-

cation, pour déterminer leur teneur en eau et en gluten humide. Les résultats de l'analyse sont examinés par une Commission, comprenant trois boulangers et deux meuniers ou négociants, tirés au sort sur une liste dressée par la Commission du Marché. Les farines sont classées d'après leur nuance, d'après leur analyse, d'après la nuance des pains correspondants. Ceci fait, on élimine les cinq échantillons classés en tête, les trois échantillons placés en queue, et on prend comme étalons d'expertises les seuls numéros 6, 7, 8, 9.

Ceci posé, les farines qui sont présentées au Marché de Paris doivent être de fabrication française, être déposées dans les entrepôts agréés par l'État comme magasins généraux, en sacs de 159 ou de 101 kilogrammes, et ne pas avoir plus de trois mois de fabrication, non compris celui de la présentation. Chaque sac porte trois plombs, qui indiquent : le premier ; l'estampille du magasin et le numéro d'entrée ; le second, la date de présentation et le numéro d'estampille du meunier, le troisième, le nom du meunier et la date de la fabrication. La suppression de ce troisième polmb peut être demandée par le meunier, après expertise et estampillage par la Direction, dans les huit jours de l'expertise, et, en tout cas, avant la livraison ; le meunier reste cependant toujours responsable de la qualité de sa marchandise.

L'admission d'une farine, comme farine fleur du Marché de Paris, n'est faite qu'après deux examens. Tout d'abord une commission de deux boulangers, un meunier et un négociant procède au classement par nuances des pains préparés simultanément avec les farines présentées et avec les farines étalons ; les pains classés *ex-æquo* sont classés à nouveau d'après leur teneur en gluten humide, puis encore, si besoin, d'après leur teneur en humidité.

En second lieu, une commission de trois experts vérifie siles farines, ayant fourni les pains acceptables, sont bien de fabrication récente.

Les conditions qu'une farine doit remplir pour être admise comme farine-fleur du Marché de Paris sont les suivantes :

1° Être de la farine-fleur de froment de fraîche fabrication et sortir de l'usine dont elle porte le plomb ;

2° Être supérieure comme nuance et comme aspect des pains à deux des farines-type qui occupent les places 6, 7, 8 et 9, dans le classement mensuel ;

3° Contenir une quantité de gluten humide supérieure à à celle de la farine-type classée septième pour le gluten, avec une tolérance de 1 p. 100 en moins ;

4° Fournir à l'analyse un chiffre d'humidité inférieure à celui de la farine-type classée septième pour l'humidité, avec tolérance de 0,50 p. 100 en plus ;

Les farines qui ne seraient supérieures, comme il est dit ci-dessus, qu'à deux étalons, ne sont acceptées qu'en subissant une réfaction de 0 fr. 25 par quintal ; celles qui sont supérieures à trois étalons ne subissent pas de réfaction. De même, les tolérances pour le gluten et pour l'humidité entraînent également une réfaction de 0 fr. 25 par 100 kilogrammes. Tout meunier dont la farine a été refusée peut demander une contre-expertise en acquittant un double droit.

La livraison des farines s'effectue par lots de 150 kilogrammes, au moyen de formules imprimées, dites filières, délivrées par la Commission et revêtues de son timbre. Ces filières représentent effectivement la marchandise ; elles servent d'offre réelle de livraison et se transmettent par voie d'endossement ; elles comportent seulement 150 quintaux, d'un même numéro d'estampille et d'un seul mois de fabrication.

Les farines ayant quinze mois d'estampillage, non compris le mois où la farine a été estampillée, ne font plus, d'office, partie du Marché. Tout lot de farine peut être soumis à une expertise de conservation, faite par cinq meuniers ou négociants chargés de voir si la marchandise est en bonne voie de conservation, sans mauvais goût, non pelotée et non savonneuse.

Le fonctionnement de ce Marché des farines a suggéré à M. Arpin, conseil technique du Syndicat de la Boulangerie de Paris, les réflexions suivantes :

Les farines admises à ce Marché ne représentent pas un type immuable, puisque les étalons varient d'une année à l'autre, d'après les fluctuations subies par la composition des blés mis en œuvre ; ne pourrait-on adopter des taux, mini-

mum pour le gluten, et maximum pour l'humidité, ce qui serait un moyen de lutte contre la diminution du gluten de nos farines, diminution signalée déjà à propos de la composition des blés ?

Les farines-fleurs de Paris sont, en général, assimilées, comme prix, aux marques ordinaires ; on trouve sur le Marché des farines appelées farine supérieure, farine de choix, première marque, qui font prime avec une plus-value de 2, 3 et même 4 francs par 100 kilogrammes. Les termes employés pour la désignation des qualités n'ont rien d'absolu, comme farine supérieure ou farine première ; ces qualités ne pouvant pas se correspondre d'un moulin à un autre. Ailleurs que sur le Marché de Paris, on désigne les farines par un ou par plusieurs zéros, par la couleur de la ficelle qui ferme les sacs, par le nombre des plombs, sans qu'il n'y ait nulle part une classification méthodique.

La vente de la farine se fait d'après la couleur du produit, sans que la bonne couleur soit toujours et forcément accompagnée par les qualités boulangères requises à la confection d'un bon pain ; la détermination du gluten humide que l'on fait pour le Marché des farines fleurs de Paris est tout à fait insuffisante ; M. Arpin a montré, en effet, qu'un même poids de gluten humide peut, suivant l'origine, fournir des poids de gluten sec très variable, et que la qualité d'un gluten est fonction de sa capacité d'hydratation. On ne tient aucunement compte du taux de l'acidité, alors que les farines peuvent séjourner quinze mois en magasin. C'est pourquoi M. Arpin demande que l'on applique à l'examen des farines, avant l'achat, des méthodes d'analyse, dont une longue pratique lui a démontré l'efficacité, et que nous verrons un peu plus tard en examinant les qualités boulangères des farines.

Si les types de farine produits dans nos moulins sont peu nombreux, quatre ou cinq au maximum, il n'en est pas de même partout, et notamment en Hongrie où le nombre des types fournis par les moulins s'élève à 18 et 20. De 100 kilogrammes de froment, on retire environ 80 kilogrammes de farine et 20 p. 100 de son ; les farines sont ou bien ordinaires ou bien gruelles (c'est-à-dire qu'on sent des grains sous les doigts),

ou doubles gruelles ou triples gruelles; les farines ordinaires sont numérotées 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 7 1/2, 7 3/4, 8; les farines gruelles, *g* nos 0, 1, 2, 3, 4, 5 et 6; les farines gruelles doubles, *gg* nos, 1, 2 et 3; la farine gruelle triple, *ggg*. Sans qu'il y ait de règle absolue, on appelle usuelles les farines qui passent par les soies suisses des numéros 13, 14, 15 et 16; gruelles, les farines qui passent par les soies nos 9, 10, 11 et 12; gruelles doubles, les farines qui passent par les soies nos 6, 7 et 8. La farine gruelle triple *ggg* a déjà la grosseur des semoules, mais la pureté et la qualité des farines marquées *gg*. La faveur dont jouissent les farines *g*, *gg*, *ggg*, va en croissant; elles contiennent un peu plus de gluten, et on les préfère pour certaines espèces de pâtes et de pâtisseries. Les sept premiers numéros de farine servent à faire des pains de qualités diverses; même la farine no 8, qui est souvent employée comme aliment du bétail, sert quelquefois à faire un pain grossier en mélange avec la farine 7 et 7 1/2.

Remarquant la confusion qui règne en général dans les dénominations employées pour distinguer les différents produits de la meunerie les uns des autres, dans un même pays, et à plus forte raison d'un pays à un autre, la VIIIe section du VIIe Congrès international de chimie appliquée, tenu à Londres en 1909, a émis le vœu que les méthodes d'examen de la farine soient unifiées dans le monde entier et qu'on cherche à appliquer dans tous les pays les mêmes dénominations et numéros pour les divers types de farine.

ADMISSIONS TEMPORAIRES

Nous avons vu qu'il entrait en franchise, sur notre territoire, une catégorie de blés, qui, une fois travaillés, doivent être réexportés entièrement, ou sinon acquitter les droits de douane; ce sont les blés des admissions temporaires. Il faut naturellement que cette organisation soit soumise à une grande surveillance de la part de l'administration, de façon que le meunier ne présente pas à l'exportation des farines de qualité inférieure et ne conserve pas pour la vente à l'intérieur des farines

premières, entrées ainsi en franchise. Pour permettre d'exercer un contrôle exact, les bureaux de douane détiennent des types de farine, représentant pour les blés tendres des farines extraites à 50, 60, 70 et 80 p. 100, et pour les blés durs, des farines à 60, 70, 80 et 90 p. 100 d'extraction. Les exportations pouvant, en outre, être faites sous forme de semoules, il y a également des types de semoules extraites à 55, 60, 70, 80 et 90 p. 100.

L'apurement des comptes d'admissions temporaires peut se faire, pour les blés tendres, des différentes façons suivantes, pour 100 kilogrammes de blé :

1° 50 kilogrammes de farine à 50 p. 100 d'extraction, plus 17kg,500 de farine à 70 p. 100 et 30kg,500 de sons ;

2° 62kg,500 de farine à 50 p. 100 et 35kg,500 de sons ;

3° 60 kilogrammes de farine à 60 p. 100, plus 10 kilogrammes de farine à 80 p. 100, plus 28 kilogrammes de sons ;

4° 70 kilogrammes de farine à 70 p. 100 et 28 kilogrammes de sons ;

5° 80 kilogrammes de farine à 80 p. 100 et 18 kilogrammes de sons.

Pour les blés durs :

1° 60 kilogrammes de farine à 60 p. 100, plus 10 kilogrammes de farine à 80 p. 100, plus 28 kilogrammes de sons ;

2° 67kg,500 de farine à 60 p. 100, et 30kg,500 de sons ;

3° 70 kilogrammes de farine à 70 p. 100 et 28 kilogrammes de sons ;

4° 80 kilogrammes de farine à 80 p. 100 et 18 kilogrammes de sons ;

5° 90 kilogrammes de farine à 90 p. 100 et 8 kilogrammes de sons.

Et enfin, pour les semoules obtenues au moyen des blés durs :

1° 55 kilogrammes de semoules à 50 p. 100 et 43 kilogrammes de sons ;

2° 60 kilogrammes de semoules à 60 p. 100 et 38 kilogrammes de sons ;

3° 70 kilogrammes de semoules à 70 p. 100 et 28 kilogrammes de sons ;

4° 80 kilogrammes de semoule à 80 p. 100 et 18 kilogrammes de sons ;

5° 90 kilogrammes de semoules à 90 p. 100 et 8 kilogrammes de sons.

Quelle que soit la combinaison adoptée, on voit qu'il est toujours toléré un déchet de 2 p. 100. Si les sons ne sont pas exportés, ils peuvent être vendus à l'intérieur, comme les farines, après avoir acquitté les droits.

RÉSIDUS DE LA FABRICATION

Tous les produits usés que le meunier élimine au cours des opérations si nombreuses que supporte le blé, sont désignés sous le terme général d'issues; ils sont employés pour la nourriture des animaux. Tous ces produits sont loin de présenter une composition uniforme ; leur étude a été faite de façon très complète par M. Lindet, qui a analysé comparativement les déchets fournis par un moulin à meules et par un moulin à cylindres. Les méthodes d'analyse employées ont différé des méthodes exposées plus haut à propos de l'analyse des blés :

Pour le dosage de l'amidon, M. Lindet a imaginé de faire digérer les matières dans de la pepsine chlorhydrique (solution à 4 p. 100 de pepsine en pâte, et $1^{cc},5$ p. 100 d'acide chlorhydrique), de manière à détruire le réseau glutineux, et à mettre les grains d'amidon en liberté. Le contact doit être maintenu vingt-quatre ou quarante-huit heures. Le produit est ensuite malaxé sur une soie de bluterie du n° 120, et les eaux de lavage sont recueillies dans un flacon d'Erlenmeyer de 500 centimètres cubes ; on lave le dépôt par décantation une ou deux fois, puis on saccharifie l'amidon, en ajoutant $0^{cc},5$ d'acide sulfurique p. 100 et en portant à l'autoclave à 120° pendant une deure. On dose ensuite le glucose formé, et la dextrine, s'il y en a, par réduction de la liqueur de Fehling et par une lecture au polarimètre.

Le dosage de la cellulose est fait par la méthode habituellement suivie dans l'analyse des fourrages ; on a enfin dosé les pentosanes, gommes contenant cinq atomes de carbone, par la distillation en présence d'acide chlohydrique pour transformer les pentosanes en furfurol volatil que l'on précipite ensuite au moyen de phloroglucine.

Les résultats obtenus sont consignés dans les deux tableaux suivants :

Issues d'un moulin à cylindres.

	Gros sons.	Moyens sons.	Petits sons ou recoupettes.	Bâtards.	Remoulages.	Soufflures.
Eau	11,52	10,97	10,75	10,72	10,19	10,58
Amidon	14,37	14,76	32,80	33,67	37,75	49,32
Cellulose	13,10	12,88	7,42	5,80	4,37	6,00
Pentosanes	21,20	21,40	16,10	11,45	11,20	14,50
Huile	2,19	2,60	3,73	5,15	3,70	1,79
Sucres, autres matières ternaires	17,18	17,57	12,93	15,76	15,90	9,24
Matières azotées	14,44	14.00	13,12	14,44	14,21	7,19
— minérales	6,00	5,82	3,15	3,01	2,68	1,38
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Issues d'un moulin à meules.

	Gros sons.	Moyens sons.	Petits sons ou recoupettes.	Bâtards.	Remoulages.	Soufflures.
Eau	11,22	11,68	12,30	10,70	9,56	8,89
Amidon	16,68	20,43	23,02	40,00	45,57	43,32
Cellulose	10,97	10,78	9,73	5,32	4,37	5,85
Pentosanes	16,80	15,55	19,30	11,30	9,60	14,50
Huile	2,14	2,93	3,27	3,50	2,34	2,28
Sucres, autres matières ternaires	24,13	23,55	17,78	12,69	14,55	16,80
Matières azotées	12,69	10,50	11,37	14,21	12,25	6,56
— minérales	5,37	4,58	3,23	2,28	1,76	1,80
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Les petits sons provenant du moulin à cylindres représentent la fin du travail des semoules habillées, au même titre que les

bâtards, mais sont plus légers qu'eux. Les petits sons du moulin à meules représentent, au contraire, des débris d'enveloppes.

On voit, en comparant la composition des sons, obtenus dans les deux moulins, que le curage des sons est plus parfait à l'aide des cylindres, puisque le son produit par les meules retient de 3 à 5 p. 100 de farine de plus que le son provenant des cylindres ; la perte peut s'élever, de ce fait, jusqu'à 1 p. 100 du blé mis en œuvre. La même constatation peut être faite au sujet des bâtards et des remoulages, qui représentent les débris des gruaux bis et des gruaux blancs, et qui retiennent 6 à 7 p. 100 de farine de plus dans le cas des meules que dans le cas des cylindres, d'où une nouvelle perte, plus faible, il est vrai, que la précédente, mais qui peut encore s'estimer à 0,25 ou 0,30 du blé travaillé.

CHAPITRE IX

ANALYSE DES FARINES ALTÉRATIONS ET FALSIFICATIONS BLANCHIMENT. CONSERVATION

Suivant la formule adoptée par les Congrès internationaux des fraudes de Genève en 1908 et de Paris en 1909, il faut entendre par farine le produit de la mouture du seul grain de froment nettoyé ; la mouture des autres graines comestibles donne un produit qui sera désigné sous le nom de farine suivi du nom de l'espèce considérée ; il est seulement licite de mélanger à la farine une proportion de farine de fèves, de 4 p. 100 au maximum ; on peut également soumettre la farine à un procédé de blanchiment inoffensif ; Il faut, en outre, pour que le pain fabriqué avec une farine donnée soit satisfaisant que cette farine soit de bonne qualité, en bon état de conservation, présente en un mot toutes les qualités boulangères nécessaires. C'est pourquoi, avant d'aborder l'étude des procédés suivis par le boulanger, nous devons exposer comment on analyse les farines, pour déterminer leur valeur et voir si elles n'ont subi aucune falsification, ni aucune altération du fait d'une conservation trop prolongée ou accomplie dans de mauvaises conditions.

ANALYSE CHIMIQUE DES FARINES

L'analyse chimique d'une farine comprend plusieurs déterminations : l'humidité, les matières grasses, les cendres, l'acidité, le gluten, l'amidon, les sucres et dextrines, la cellulose.

Prise de l'échantillon. — Le prélèvement de l'échantillon a, en matière de farines, une grande importance, car la qualité

des produits de la mouture peut se modifier assez rapidement pendant leur conservation. Pour une farine, conservée en sac, même pendant quelques jours seulement, on constate des différences notables entre les parties périphériques et supérieures, directement exposées à l'air et la partie centrale qui se trouve protégée contre les influences extérieures ; aussi, s'il s'agit de prélever un faible échantillon, on le prendra dans la région moyenne du sac ; s'il s'agit d'un échantillon plus important, on fera des prises au sommet, à la périphérie et au centre du sac, et on mêlera soigneusement le tout.

Dosage de l'humidité. — Une partie de l'eau des farines est constituée par de l'eau interposée, fixée par la farine comme par tous les corps poreux ou pulvérisés ; le reste de l'humidité est uni à l'amidon qui la retient énergiquement même à 100°. Si, d'autre part, on chauffe à une température trop considérable, dépassant 120°, on altère l'amidon ; la coloration de la farine devient jaune, et la teinte fonce ensuite de plus en plus ; en même temps on constate une perte de poids qui se poursuit pendant plusieurs semaines. Pour obtenir un amidon complètement déshydraté et non décomposé, il importe de chauffer l'échantillon soumis à la dessiccation dans une étuve à huile, munie d'un régulateur, à une température comprise entre 105° et 110°. En outre, il peut être bon, pour éviter toute transformation partielle de l'amidon en dextrine et en glucose, de ne pas atteindre immédiatement la température de 110°, mais d'enlever, au contraire, la majeure partie de l'eau à une température inférieure à 100° ; on peut ensuite, sans inconvénient, élever la température. Le chauffage doit être poursuivi jusqu'à ce que le poids soit devenu constant, à deux pesées successives. La durée de l'opération ne dépasse jamais huit heures, et le plus souvent sept heures suffisent pour obtenir une dessiccation complète.

Le dosage de l'humidité se fait sur 5 grammes de farine, que l'on place dans de petits vases à extrait, bouchant à l'émeri et mesurant 60 millimètres de diamètre sur 30 de hauteur (modèle de M. Arpin). Le couvercle est placé à l'étuve, à côté du vase ; on le met en place une fois l'opération achevée pour que la farine desséchée puisse refroidir sans reprendre d'humidité.

La proportion d'eau trouvée est multipliée par 20 pour être ramenée à 100 de farine.

Dosage de la matière grasse. — L'extraction de la matière grasse se fait par un épuisement de la farine au moyen de l'éther. 5 grammes de farine sont introduits dans un tube effilé à sa partie inférieure, mesurant 27 centimètres de longueur et 19 millimètres de diamètre. La partie rétrécie du tube est garnie d'un petit tampon de coton hydrophile ; la farine est tassée légèrement dans le tube, et ce dernier est placé au-dessus d'un vase à extrait, de forme cylindrique, de 60 millimètres de diamètre, préalablement taré. Le tube est rempli avec de l'éther à 65°, on régularise le débit en bouchant le tube de manière que le liquide s'écoule lentement, goutte à goutte. La partie effilée du tube étant rincée extérieurement avec de l'éther, on laisse le dissolvant s'évaporer, puis on porte le vase pendant une heure dans l'étuve à 100°. Le poids de matière grasse obtenu est multiplié par 20. La matière grasse, ainsi extraite au moyen de l'éther, n'est pas uniquement constituée par un mélange de corps gras, huile et acides gras : on a signalé, en outre, la présence de lécithine et de cholestérine.

Dosage des matières minérales. — L'incinération de la farine est longue et doit être faite avec soin ; le dosage s'effectue sur 5 grammes de matière que l'on place dans une capsule de platine, ou, à défaut, dans une capsule de porcelaine plate, et l'on chauffe dans un fourneau à mouffle, très doucement au début, sans dépasser le rouge sombre. L'eau étant chassée, et la matière organique carbonisée, on se trouve en présence d'un champignon charbonneux très dur, que l'on continue à chauffer pendant une heure environ ; on peut ensuite l'écraser au moyen d'un fil de platine, et élever la température jusqu'à ce que tous les points noirs aient disparu. Les cendres que l'on obtient ainsi ne doivent pas être fondues ; elles sont blanches ou de couleur plus ou moins foncée selon la qualité de la farine traitée. On pèse après refroidissement, et on multiplie par 20 le poids trouvé.

Dosage du phosphore. — Les cendres ainsi obtenues sont très riches en phosphates, mais le dosage du phos-

phore, dans le cas où l'on voudrait déterminer cet élément, ne saurait être fait sur les cendres telles qu'on vient de les obtenir. Le charbon exerce, en effet, au cours de la calcination, une action réductrice sur les phosphates acides, même si le dosage des cendres a été fait après addition de chaux vive. M. Garola a montré que la proportion de phosphore qui disparaît ainsi pouvait s'élever à 3 p. 100 de la quantité dosée. Il faut alors détruire la matière organique autrement que par combustion ; on a recours à l'action successive de l'acide azotique et de l'acide sulfurique. La farine étant placée dans une fiole conique, on verse 50 centimètres cubes d'acide azotique fumant de densité 1,48 ; on chauffe avec précaution, et en agitant pour éviter les débordements ; lorsque le liquide est presque entièrement évaporé, on ajoute de l'acide sulfurique et du mercure; on continue à chauffer, très doucement, tant que tout l'acide azotique n'a pas été chassé, et on continue ensuite comme s'il s'agissait d'un dosage d'azote par la méthode de Kjeldahl. Après refroidissement, on étend d'eau distillée et on sature d'ammoniaque, tout en refroidissant la fiole ; on termine le dosage en précipitant le phosphore au moyen du réactif magnésien.

Dosage de l'acidité. — Le dosage de l'acidité des farines doit être fait d'après une méthode uniforme, de manière que les résultats obtenus soient bien comparables entre eux ; si on épuise la farine avec de l'alcool plus ou moins concentré, ou avec de l'eau, on obtient des résultats très variables, et qui augmentent grandement si on fait le titrage, non plus sur la liqueur filtrée, mais sur le mélange de la farine et du solvant employé. La méthode qu'il convient de suivre est la suivante, d'après M. Arpin : on introduit 5 grammes de farine dans un flacon bouché à l'émeri, d'une contenance de 80 centimètres cubes de forme haute et étroite. On ajoute 25 centimètres cubes d'alcool à 90°, exactement mesurés. On agite pendant la journée huit à dix fois, et on laisse reposer la nuit. Le lendemain, à l'aide d'une pipette, on prélève soigneusement 10 centimètres cubes de l'alcool clair surnageant à la partie supérieure du flacon, c'est-à-dire la quantité de liquide, correspondant à 2 grammes de farine. On titre enfin l'acidité de

l'alcool, à l'aide d'une solution alcoolique de potasse cinquantième normale, contenue dans une burette, à divisions suffisamment espacées pour qu'on puisse lire le demi-dixème. L'indicateur à employer est la teinture de curcuma fraîchement préparée, qui passe du jaune serin à la teinte chamois, lorsque le point de saturation est atteint. On a eu soin, par un titrage préalable, de déterminer l'acidité de l'alcool employé pour faire l'épuisement, de manière à pouvoir la déduire de la quantité trouvée. On calcule ensuite l'acidité en acide sulfurique monohydraté et on la ramène à 100 de farine.

Dosage du gluten. — Le dosage du gluten est l'un des dosages les plus importants pour l'analyse des farines ; ce dosage, qui paraît simple, exige cependant, pour donner de bons résultats, exacts et comparables entre eux, beaucoup de soins et l'observation de conditions nettement déterminées. On met à profit, pour effectuer ce dosage, la propriété que possède le gluten de blé de se souder à lui-même, quand on malaxe un pâton de farine sous un filet d'eau ; les grains d'amidon sont entraînés et il ne reste plus entre les doigts de l'opérateur qu'une petite masse élastique et plastique qui constitue le gluten.

En premier lieu, la nature de l'eau employée pour faire l'opération a une grande importance. Il ne faut pas se servir d'une eau trop pure: l'eau distillée dissout le gluten ; les eaux renfermant une certaine proportion de matières minérales conduisent à une proportion de gluten sensiblement plus élevée que ne fait l'eau pure. Le pouvoir dissolvant de l'eau cesse sensiblement de faire sentir son action lorsque l'eau a un degré hydrotimétrique de 21° ; mais si la proportion de sels contenus dans l'eau continue à augmenter au-delà de cette limite, le poids du gluten humide continue à augmenter lui aussi, alors que le poids du gluten sec reste sensiblement constant ; c'est dire que, en présence d'eaux à degré hydrotimétrique élevé, le gluten retient une proportion d'humidité plus considérable qu'en présence des eaux pures. Ces faits sont montrés par l'expérience suivante de M. Arpin, qui a obtenu avec de l'eau à :

	Gluten sec.	Hydratation p. 100.
0° hydrotimétrique (eau distillée)..	7,07	66,5
21°.....	8,08	68,3
79°.....	8,03	69,9
141°.....	7,99	71,0

M. Fleurent, recherchant quel est l'élément constitutif du gluten qui se trouve entraîné le plus facilement par l'eau, a montré que, si la richesse du gluten en gliadine est supérieure à la normale, un malaxage prolongé entraîne surtout de la gliadine, et que si, au contraire, le gluten est surtout riche en gluténine, c'est la gluténine à son tour qui est le plus aisément entraînée. De telle sorte que tous les glutens, quelle que soit leur composition première, tendent à prendre la composition de 25 p. 100 de gluténine et 75 p. 100 de gliadine.

En second lieu, la température de l'eau est importante à considérer. Une nouvelle expérience de M. Arpin montre que, en opérant des dosages de gluten avec une même farine et avec la même eau de source à des températures croissantes, on obtient des poids de gluten sec également croissants, et, en outre, les glutens préparés à haute température absorbent une proportion d'eau plus élevée qu'en opérant à froid :

A la température de 5°, M. Arpin a obtenu d'une farine 7,80 p. 100 d'un gluten à 67,2 p. 100 d'eau, tandis qu'à 35°, on avait 8,52 p. 100 de gluten à 68,3 p. 100 d'humidité.

D'autre part, M. Lindet, opérant sur une même farine à des températures croissantes de 2° à 50°, a vu la teneur en gluten monter de 7 à 8,2 p. 100.

La durée de l'opération ne doit pas non plus être laissée au hasard ; il faut évidemment prolonger le malaxage un temps suffisant pour que tout l'amidon soit éliminé, ce que l'on constate à la limpidité de l'eau; mais il ne faut pas prolonger outre mesure le lavage, car une proportion très sensible de gluten se dissout, même dans une eau à degré hydrotimétrique suffisamment élevé.

M. Arpin, en malaxant un gluten cinq minutes au delà du terme normal, a constaté une déperdition pouvant atteindre 0,8 p. 100. MM. Lindet et Ammann ont vu, en poursuivant le malaxage plus longtemps encore, que le gluten extrait

diminue considérablement de poids, mais que la teneur en matières azotées du gluten augmente à mesure que le lavage est plus long; les glutens secs extraits dans les conditions ordinaires renferment de 88 à 92 p. 100 de matières azotées, le reste étant constitué par de l'amidon, de la cellulose, des matières grasses et des matières minérales.

Gluten malaxé, en plus du temps normal.	Poids du gluten sec.	Mat. azotées p. 100 du gluten.
5 minutes.....	8,50	90,70
10′ —	7,97	94,30
15′ —	7,74	95,91
30′ —	7,12	98,50

Enfin, on peut se demander s'il faut commencer le malaxage du pâton, aussitôt qu'il est préparé, ou s'il y a intérêt, au contraire, à l'abandonner au repos pendant un certain temps. Les expériences de M. Arpin ont montré que le repos avant le malaxage avait pour effet d'augmenter le poids du gluten humide, mais que le poids du gluten sec restait sensiblement constant. Le boulanger ayant intérêt à ce que le gluten absorbe le plus d'eau possible dans le temps le plus court, il est préférable de faire le lavage aussitôt le pâton préparé ; on aura ainsi une indication sur la qualité de la farine :

	Gluten humide.	Gluten sec.	Hydratation p. 100.
Malaxage immédiat.....	25,56	8,08	68,3
Après repos de 15 minutes	25,25	8,03	68,1
— de 30′ —	25,76	7,99	69,3
— de 1 heure..	25,78	7,96	69,1
— de 2 heures.	25,67	7,96	68,9
— de 3 — .	26,14	7,89	69,8
— de 4 — .	26,72	8,00	70,05

Le gluten, une fois isolé de la farine, peut être pesé, soit humide, soit après dessiccation. La pesée à l'état humide, qui est ordinairement pratiquée, donne des résultats peu concordants d'un opérateur à l'autre, l'essorage entre les doigts se faisant de façon variable; les résultats obtenus, après dessiccation, sont beaucoup plus certains, et toujours comparables entre eux. Nous verrons tout à l'heure que la pesée à l'état

humide, faite dans certaines conditions, est cependant très utile et donne d'excellentes indications sur les qualités boulangères de la farine considérée.

Voyons donc maintenant dans quelles conditions il faut se placer pour obtenir de bons résultats en opérant ce dosage, dont les résultats peuvent être aussi sujets à variations ; nous suivrons la méthode indiquée par M. Arpin. On pèse 33gr,33 de farine, quantité qui a été reconnue donner le volume le plus convenable pour opérer le malaxage, et qui permet en outre de simplifier le calcul des résultats ; il suffira, en effet, de multiplier par 3 le chiffre obtenu pour le ramener à 100 de farine. La farine pesée est déposée dans un mortier de porcelaine émaillée, coloré en noir de préférence, de manière à apercevoir plus facilement les petites masses de pâte adhérentes.

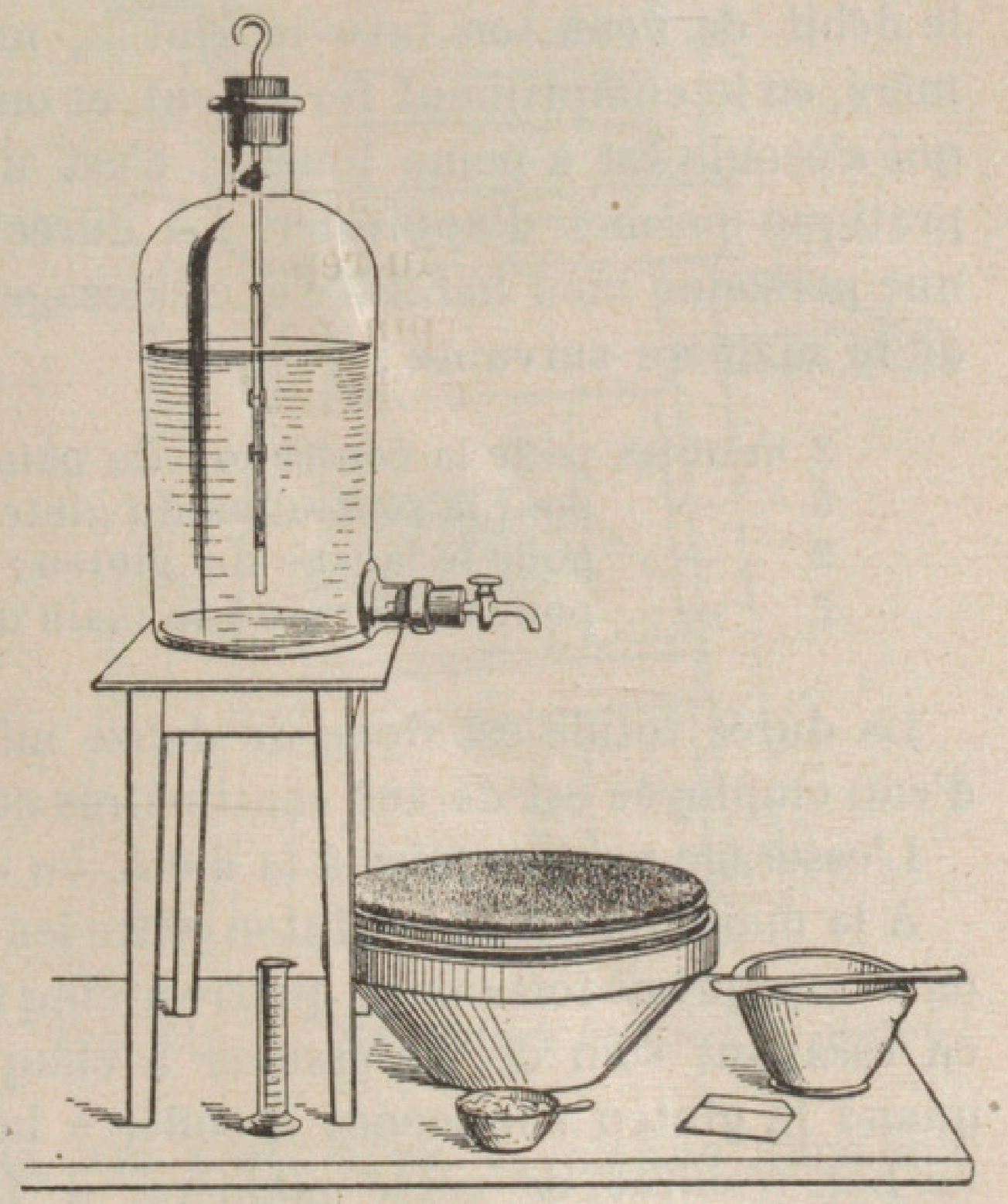


Fig. 109. — Dosage du gluten.

On verse sur la farine 17 centimètres cubes d'eau, et, au moyen d'une spatule en os, résistante, on mélange la farine et l'eau de manière à obtenir une pâte ferme qui ne colle pas aux parois du mortier ; on prend alors le pâton entre les mains et on le malaxe, en le comprimant jusqu'à ce qu'on ait une masse parfaitement homogène « s'étirant parfaitement et n'adhérant pas à la peau ». On commence aussitôt le malaxage.

On fait pour cela usage d'une eau titrant de 20 à 25 degrés hydrotimétriques, à une température de 16° environ, et contenue dans une grande fontaine de verre munie à sa partie inférieure d'un robinet (fig. 109). Le robinet étant ouvert très modérément, on comprime le pâton sous le filet d'eau, en le retournant sans cesse. L'eau amylacée qui s'échappe des doigts de l'opérateur tombe sur un tamis placé au-dessus d'une terrine; le tamis est formé d'un cercle de bois recouvert d'une toile métallique du n° 60. Peu à peu, le gluten se soude à lui-même; les petites parties qui se détachent sont arrêtées par le tamis sur lequel il sera facile de les recueillir; on accélère peu à peu le débit de l'eau, on lave le gluten, maintenant bien agglomméré, en le comprimant fortement, et on s'arrête lorsque l'eau qui s'écoule est à peine louche; c'est un point que seule la pratique permet d'apprécier. La durée de l'opération, pour une personne bien habituée à ce dosage, peut se décomposer de la manière suivante :

3 minutes pour la confection du pâton;
5 — pour la séparation du gluten et de l'amidon;
2 — pour le lavage du gluten;
2 — pour l'essorage à la main ou à la machine.

La durée totale est donc de douze minutes, et la quantité d'eau employée est de 400 centimètres cubes environ.

L'essorage peut se faire à la main, ou à la machine.

A la main, on prend le gluten entre les mains bien sèches, et on le comprime fortement quatre à cinq fois entre les paumes, en essayant soin de les essuyer à chaque fois; on s'arrête quand le gluten commence à coller à la peau. Pour obtenir un bon résultat, de cette manière, il faut être absolument rompu à ce genre d'opération.

On obtient un résultat plus sûr en employant la petite machine imaginée par M. Arpin (fig. 110); elle se compose de deux cylindres en ébonite, montés sur deux axes parallèles et tournant en sens inverse l'un de l'autre, au moyen d'engrenages et d'une manivelle. Les cylindres doivent être distants rigoureusement de 4/10. de millimètre; on règle cet écartement, et on le vérifie ensuite au moyen d'un calibre. Les cylindres sont humectés

au moyen d'une éponge, puis essuyés avec un linge fin, de manière qu'ils soient uniformément humides ; le gluten comprimé à la main, et secoué pour enlever l'excès d'eau, est placé entre les deux cylindres, vers l'une des extrémités ; on tourne la manivelle ; on détache la plaque laminée, on la dépose sur un carreau de faïence bien sec, qui est joint à l'appareil, on la replie en deux, et on la comprime à nouveau entre les deux cylindres, vers l'autre extrémité. On essuye les cylindres comme précédemment et on recommence à nouveau la compression trois autres fois : on fait donc en tout huit compressions.

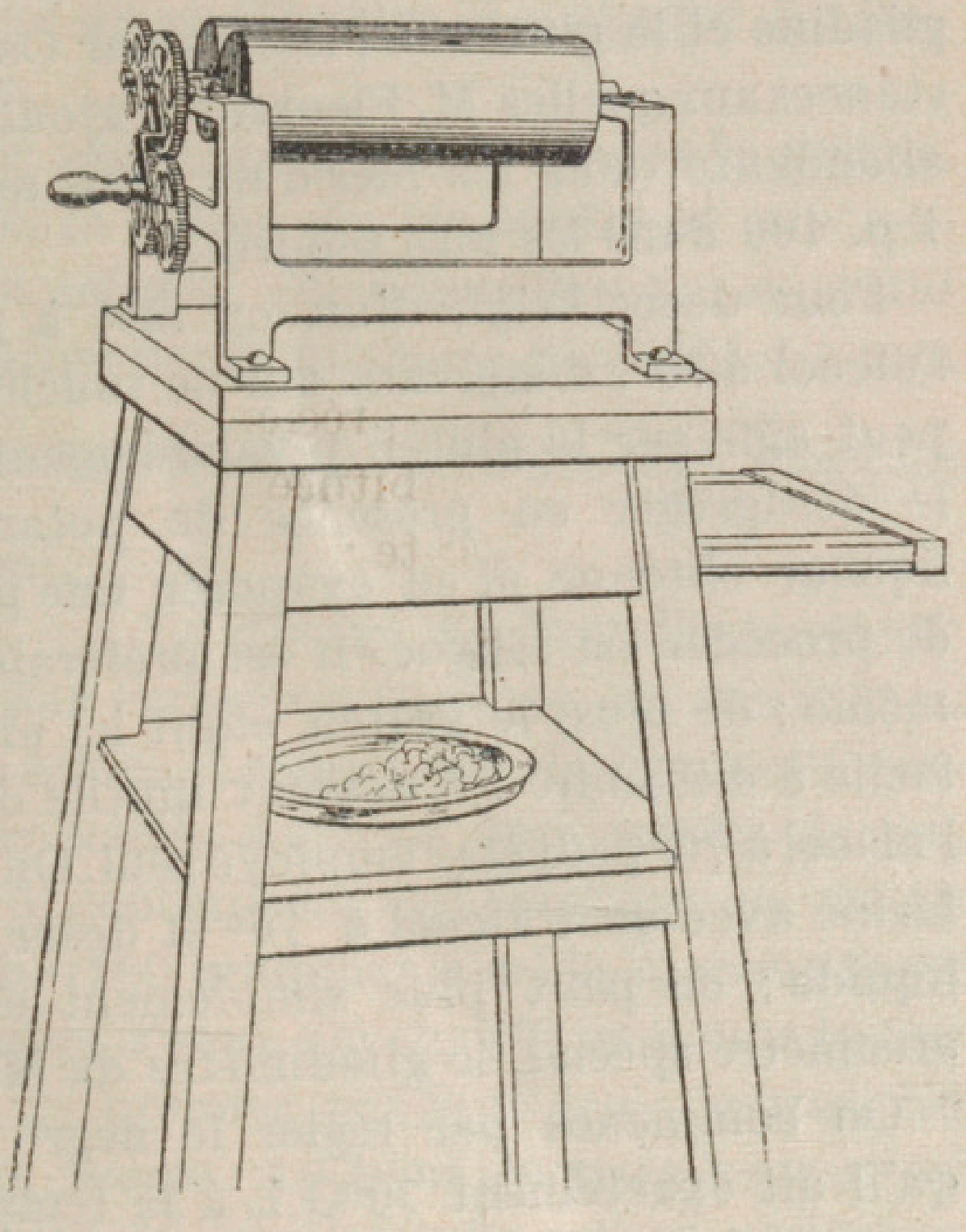


Fig. 110. — Machine à essorer le gluten.

Le gluten essoré est placé sur une plaque de nickel mesurant 7 × 7 centimètres tarée, et on pèse le gluten humide ; puis, soulevant le gluten, on étend une trace de vaseline sur la plaque et on repose le gluten, roulé en boule. On porte alors la plaque dans une étuve réglée à 105°-110°. La plaque étant posée sur le bas de l'étuve, le gluten se boursouffle et on peut, au bout de vingt à trente minutes, le fendre avec un scalpel, de cinq ou six incisions, de manière à hâter la dessiccation. On obtient un poids constant après douze heures environ. Il suffit de multiplier le résultat par 3 pour ramener le résultat à 100 de farine.

Il est très utile de déterminer la quantité d'eau qu'un gluten, essoré comme il vient d'être dit, est capable de retenir ; cette

eau d'hydratation du gluten représente la capacité d'absorption du gluten, et partant sa qualité. Si P désigne le poids du gluten humide, P′ le poids du gluten sec, la quantité x d'eau d'hydratation est donnée par la formule très simple : $x = \frac{100\ (P-P')}{P}$.

Dosage de la gliadine. — Nous savons déjà que le gluten contenu dans le blé renferme trois éléments constitutifs : la gliadine et la gluténine, isolées par Osborne et Woorhes, substances auxquelles M. Fleurent a ajouté la conglutine, surtout abondante dans les blés durs, mais ne représentant guère que 1 p. 100 dans les blés tendres.

Pour doser la gliadine, on met à profit sa solubilité dans l'alcool à 70°, dissolvant qui ne touche pas à la gluténine. On peut agir sur le gluten préalablement extrait de la farine et le désagréger en présence de potasse alcoolique, filtrer la liqueur obtenue et en évaporer une partie ; mais cette façon de procéder est longue. Il est préférable d'opérer sur la farine même ; de plus, le gluten étant ici plus divisé est aussi plus facile à dissoudre : il devient inutile de faire agir la potasse, l'alcool à 70° peut être employé seul. On pourra donc agiter de la farine avec de l'alcool à 70° et doser l'azote dissous dans le liquide ; on peut plus simplement encore faire usage d'un aréomètre spécial, le gliadimètre de M. Fleurent.

On commence par régler le degré de l'alcool de manière qu'il ait exactement 70°G.L à la température de 20°C. On se sert pour cela du gliadimètre même qui porte à la partie supérieure de sa tige une graduation alcoométrique ; une table indique le point où doit affleurer l'instrument pour les températures de 18 à 22°C. Il faut ensuite faire agir sur un poids constant de $13^{gr},33$ de gluten un volume exact de 400 centimètres cubes d'alcool à 70°. On commence donc par doser le gluten sec contenu dans la farine à essayer, et on peut ensuite calculer facilement le poids de farine contenant $13^{gr},33$ de gluten ; ce poids est introduit dans un flacon d'un litre, à bouchon de caoutchouc, renfermant déjà les 400 centimètres cubes d'alcool. On agite le flacon sur un agitateur mécanique pendant trois heures environ, on filtre ensuite et on introduit

200 centimètres cubes de liqueur filtrée dans une éprouvette; on plonge ensuite le gliadimètre dans le liquide et on lit le point d'affleurement sur une graduation marquée sur la partie inférieure de la tige ; cette graduation a le même zéro que la graduation alcoométrique précédente, mais se dirige vers le bas de l'appareil. La lecture peut être faite à une température comprise entre 18° et 22° ; en se reportant aux tables, on trouve la teneur du gluten sec en gliadine, correspondant à chaque dixième de degré du gliadimètre et à chaque dixième de degré de température.

Dosage des matières azotées totales. — Outre le gluten, matière azotée insoluble, la farine de blé renferme une certaine proportion d'azote soluble. On détermine l'azote total en attaquant $0^{gr},5$ de farine par la méthode Kjeldahl. Le rapport $\frac{\text{gluten}}{\text{mat. azot.}}$ varie de 0,54 à 0,77 d'après dix-sept analyses exécutées par M. Fleurent.

Dosage de l'amidon. — Le dosage de l'amidon contenu dans les farines se fait par transformation de cet amidon en glucose sous l'action des acides. La méthode de Frésénius consiste à chauffer en tube scellé, dans un bain saturé de sel, $0^{gr},5$ de farine avec 10 centimètres cubes d'eau et $1^{gr},50$ d'acide sulfurique étendu (160 grammes d'acide monohydraté dans 1000 centimètres cubes d'eau). On chauffe en même temps trois tubes semblables, le premier pendant trois heures, les deux autres pendant six heures. Au bout de trois heures, on dose le glucose formé dans le premier tube, et on vérifie au bout de six heures que le second tube donne le même résultat. Si les chiffres obtenus sont différents, on chauffe le troisième tube encore pendant trois heures, et on vérifie que le résultat fourni après ces neuf heures de chauffe est le même que celui obtenu après six heures.

On peut plus simplement opérer de la façon suivante : $0^{gr},5$ de farine sont placés dans un ballon de 150 centimètres cubes avec environ 50 centimètres cubes d'eau, et 1 centimètre cube d'acide chlorhydrique fumant ; on adapte le ballon à un réfrigérant ascendant, et on entretient une douce ébullition, pendant trois heures, en prenant garde, au début, à la mousse

qui tend à envahir le col du ballon. Le liquide est ensuite versé dans un ballon jaugé de 250 centimètres cubes; on ajoute les eaux de lavage du ballon, et on complète exactement le volume ; puis on titre le glucose avec 10 centimètres cubes de liqueur cupro-potassique. Le glucose trouvé dans les 250 centimètres cubes est multiplié par 200 pour ramener à 100 de farine, puis par 0,9 pour transformer le glucose en amidon. En opérant comme il vient d'être dit, on obtient une liqueur incolore, et l'attaque de la cellulose n'est pas à craindre. Sous l'action de l'eau acidulée, le gluten se transforme en produits solubles, ayant un léger pouvoir réducteur, et la correction à apporter au dosage varie de $0^{gr},6$ à $0^{gr},9$; d'ordinaire cette correction n'est pas faite dans les dosages.

Dosage du sucre et des dextrines. — Il faut retrancher du chiffre, trouvé précédemment, le poids de glucose correspondant au sucre et aux dextrines que la farine renferme, et qui sont dosés en même temps que le glucose provenant réellement de la transformation de l'amidon. On épuisera donc, dans une petite allonge, 20 grammes de farine mélangée de sable, avec de l'eau, ajoutée par petites portions, de manière à obtenir environ 150 centimètres cubes ; le liquide est ensuite traité comme précédemment pendant trois heures au réfrigérant ascendant, en présence de 3 centimètres cubes d'acide chlorhydrique. Finalement on neutralise la plus grande partie de l'acide avec du carbonate de soude et on titre le glucose formé au moyen de la liqueur cupro-potassique.

Dosage de la cellulose. — La méthode de M. Balland consiste à peser 25 grammes de farine, dans une capsule de porcelaine; on ajoute peu à peu, en agitant avec une baguette pour éviter les grumeaux, 150 grammes d'acide chlorhydrique étendu (50 grammes d'acide fumant pour 1 000 centimètres cubes d'eau); on fait bouillir, jusqu'à ce qu'une goutte refroidie ne se colore plus par l'eau iodée ; on filtre alors sur un filtre sans plis, humecté d'eau chaude ; le résidu égoutté est remis dans la capsule et traité à l'ébullition pendant quinze à vingt minutes par 100 centimètres cubes de lessive alcaline (100 grammes de potasse caustique pour 1 000 grammes d'eau) ; on filtre sur un second filtre sans plis ; on rince la

capsule avec de la solution alcaline chaude, et on lave le filtre à l'eau chaude, jusqu'à cessation de toute réaction alcaline. Après égouttage, on lave avec de l'alcool fort et finalement avec un peu d'éther. La cellulose, enlevée du filtre, est étendue sur une lame de verre, desséchée et pesée.

EXAMEN DES PROPRIÉTÉS ORGANOLEPTIQUES DES FARINES

Les données fournies par l'analyse chimique doivent être complétées par l'examen de la couleur, de l'odeur et de la saveur des farines. L'examen en surface des farines renseigne le meunier et le boulanger sur la présence ou l'absence des débris d'enveloppe. Il ne faut pas considérer seulement le nombre de ces débris présents dans la farine; il faut encore se préoccuper de connaître leur origine. Les débris provenant de péricarpe et du tégument séminal, qui reçoivent le nom de piqûres, ne présentent pour la panification qu'un faible inconvénient ; ils sont *inactifs*. Les débris, au contraire, provenant de la bande hyaline, de l'assise protéique ou des germes, que l'on appelle rougeurs, contiennent les ferments solubles que nous avons désignés sous le terme global de céréaline : ce sont des débris *actifs*, et redoutables pour le boulanger. Lorsque la farine est en tas foisonné, il est impossible de rien apercevoir de précis sur la teinte du produit ; on place souvent la farine à examiner dans une feuille de papier, que l'on replie sur elle-même, en l'aplatissant. La farine ainsi comprimée acquiert une surface lisse sur laquelle les débris ressortent beaucoup mieux.

Le procédé le meilleur pour pratiquer cet examen est celui qui a été imaginé par un ingénieur autrichien *Pékar*. Sur une petite planchette en bois noirci, rectangulaire, mesurant $0^m,12$ sur $0^m,25$, on place environ 100 grammes de la farine à essayer, puis on égalise le tas en le comprimant légèrement au moyen d'une petite glace, et, à l'aide d'une réglette de bois dont les bords sont taillés en biseau, on recoupe la plaquette obtenue, de manière à avoir finalement un petit rec-

tangle de farine, large de 30 à 40 millimètres, épais de 5 à 6, et aussi long que la planchette est large. Lorsqu'on doit comparer plusieurs farines entre elles, on agit de la même façon pour chacune d'elles, et on fait glisser les petits rectangles



Fig. 111. — Moutures par cylindres, 62 p. 100 d'extraction. Quantité d'impuretés contenue dans 1 centigramme de farine.

sur la planchette, de manière à les placer les uns contre les autres. Puis, au moyen d'une grande glace, on comprime tous les échantillons à la fois, fortement et uniformément. A cet état, les débris apparaissent déjà beaucoup plus nettement que tout à l'heure, et les petits rectangles prennent des teintes différentes de l'un à l'autre. On accentue encore beaucoup ces différences, en plongeant la planchette doucement et en

l'inclinant dans une terrine pleine d'eau. On laisse les bulles d'air se dégager et les farines s'imbiber pendant quinze à vingt secondes ; on peut alors comparer et classer facilement les différentes farines examinées.

Aimé Girard a fait connaître un procédé scientifique qui

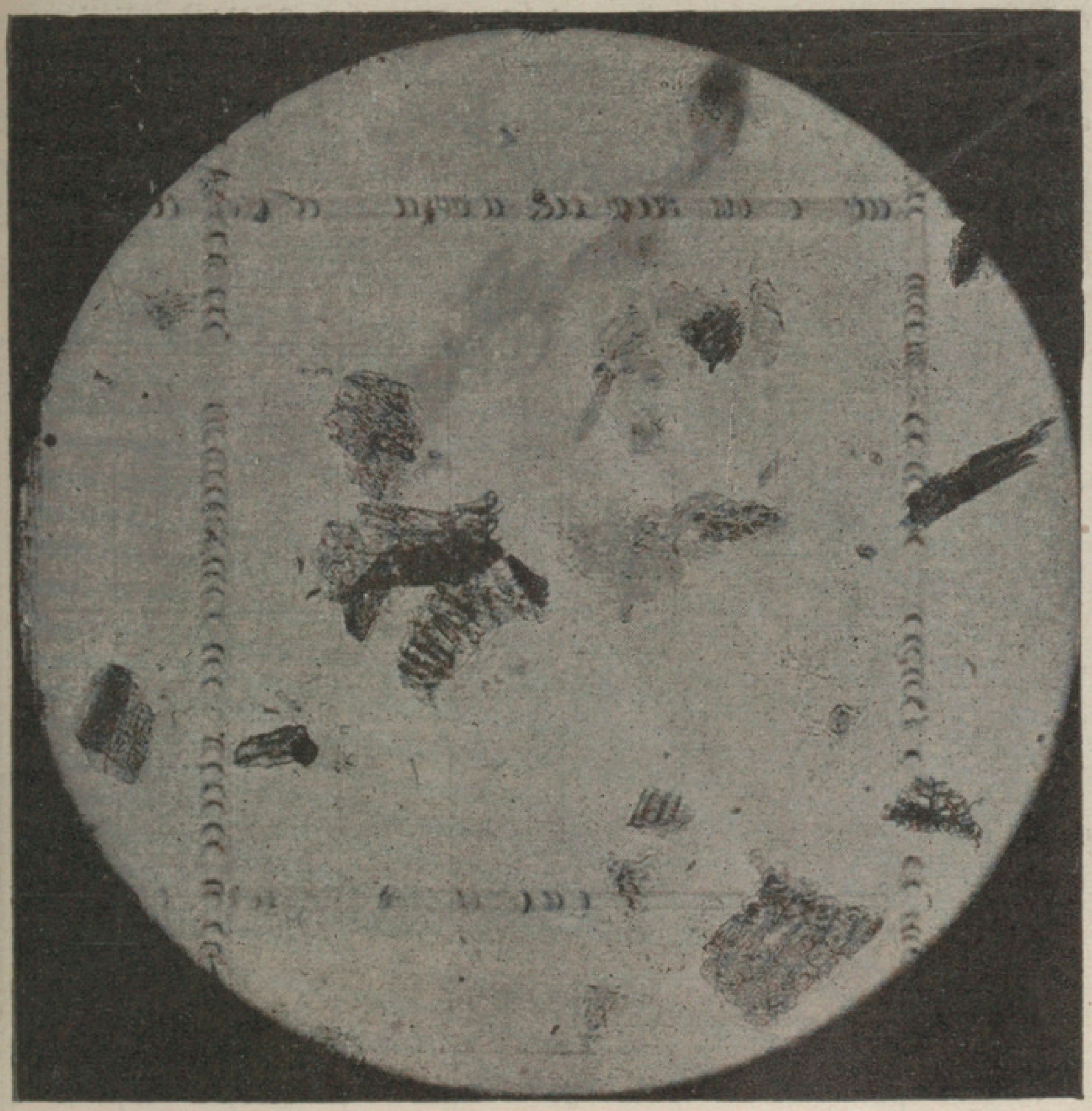


Fig. 112. — Mouture par cylindres, 70 p. 100 d'extraction. Quantité d'impuretés contenue dans 1 centigramme de farine.

permet de compter et d'examiner au microscope les débris que contient une farine. On malaxe un pâton de 10 grammes de farine, comme pour un dosage de gluten ; les eaux amylacées sont filtrées à travers une soie de bluterie très fine, du nº 220, capable de retenir les débris, en laissant passer l'amidon. Ces débris peuvent être séchés et pesés ; ou bien on peut, après

avoir essoré la soie au moyen de papier buvard, délayer le contenu de la soie dans un volume connu (un ou plusieurs centimètres cubes), d'un mélange à parties égales de sirop de dextrine et de glycérine, dans lequel les débris restent en suspension. Une goutte de liquide est ensuite placée dans une cellule à compter les globules sanguins, cellule profonde de 1/10 de millimètre, et dont le fond est quadrillé en dixièmes de millimètre; chaque carré représente donc, au microscope, la projection de 1/10 de millimètre cube ; on peut de la sorte connaître la numération des fragments d'enveloppes contenus dans la farine (fig. 111 à 116). Les résultats obtenus par Aimé Girard sont groupés dans le tableau suivant :

EXTRACTION	MOUTURE PAR CYLINDRES				MOUTURE PAR MEULES			
	45 p. 100.	60 p. 100.	70 p. 100.	80 p. 100.	65 à 70 p 100.	75 p. 100.	80 p. 100.	80 p. 100 (blé dur).
				Débris inactifs.				
Péricarpes.	1.800	3.700	6.900	10.000	4.900	4.900	3.900	8.400
Téguments séminaux.	300	1.700	2.400	3.500	900	3.200	600	5 600
Barbes	400	900	4.500	5.600	4.400	1.800	3.600	»
Total ..	2.500	6.300	13.800	19.100	10.200	9.900	8.100	14.000
				Débris actifs.				
Sons entiers	Néant.	Néant.	6.100	6.500	700	1.300	6.000	12.800
Assises protéiques.	700	3.600	8.200	10.900	4 900	3.800	8.100	22.400
Germes ...	200	800	4.200	7.600	2.900	4.600	6.900	12.400
Total...	900	4.400	18.500	25.000	8.500	9.700	21 000	47.600
Total pour 1 gr. de far.	3.400	10.700	32.300	44.100	18.700	19.600	29 000	61.600

Les farines blanches récemment fabriquées offrent une très légère odeur et une saveur agréables, caractéristiques. Les

farines bises ont une odeur plus forte, et une saveur plus agréable, légèrement sucrée et amère, qui s'accentue très rapidement.

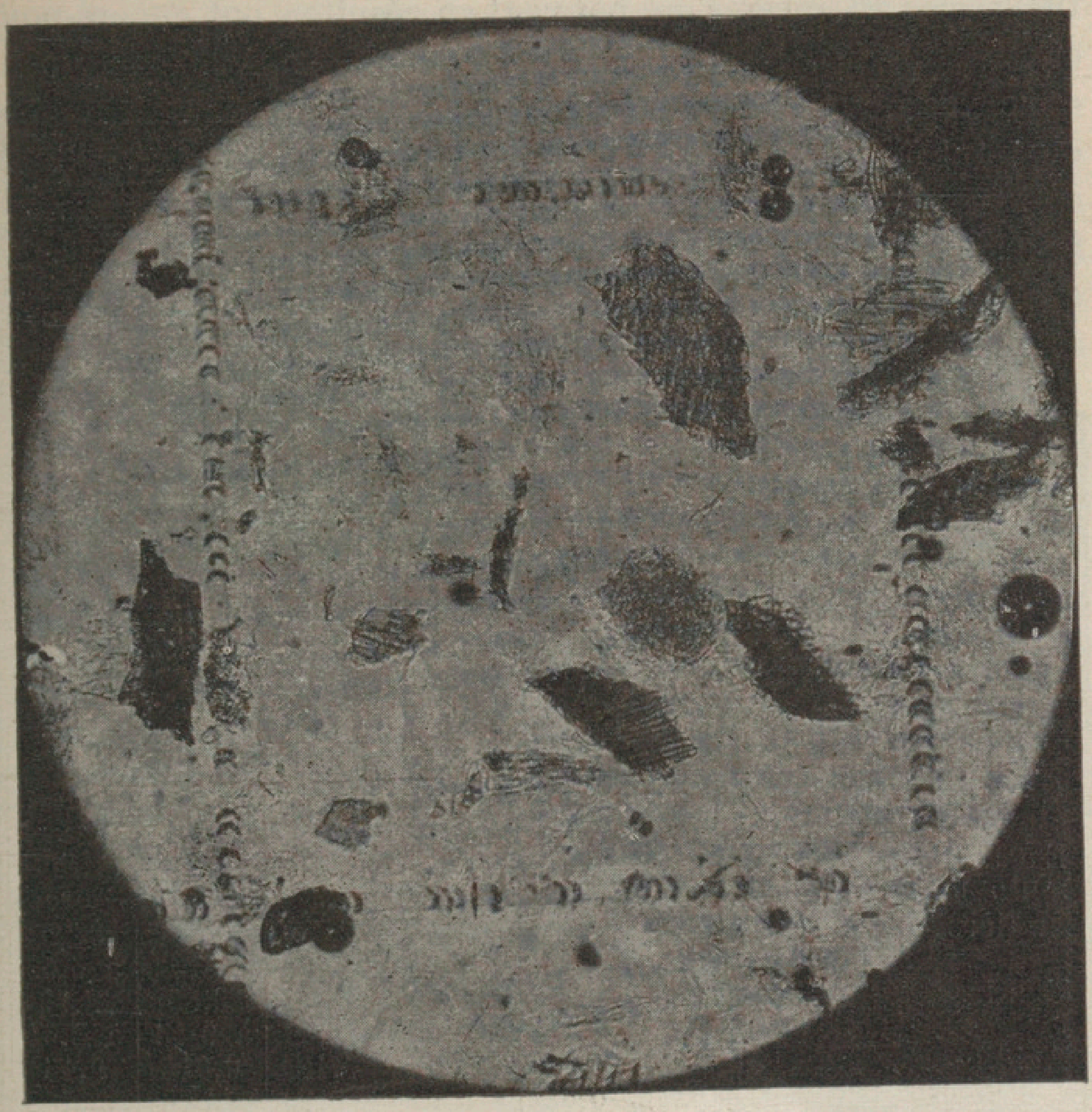


Fig. 113. — Mouture par cylindres, 74 p. 100 d'extraction. Quantité d'impuretés contenue dans 1 centigramme de farine.

COMPOSITION ET ALTÉRATIONS DES FARINES

La composition des différentes farines commerciales est naturellement des plus variables. Nous savons déjà que cette composition diffère suivant la nature du blé employé ; la méthode de travail suivie par le meunier, la proportion de farine tirée pour 100 du grain, ont, en outre, pour résultat, et pour un blé donné, de fournir des farines où les différents

éléments se retrouvent dans des proportions variables ; enfin le boulanger n'employe pas la farine au moment où elle sort du moulin, et, par suite, une conservation plus ou moins défectueuse, les altérations qui peuvent en résulter, ont encore pour effet de modifier la composition du produit initial. On ne peut donc pas donner une analyse indiquant la composition des diverses farines ; cependant M. Arpin a publié, à titre d'indication, les limites dans lesquelles oscillent les teneurs des farines pour les éléments principaux ; nous verrons ensuite quelles sont les causes de variations et quelle grandeur peuvent atteindre ces variations.

P. 100.	FARINE supérieure.	FARINE première.	FARINE deuxième.	FARINE troisième.	FARINE de gruaux (blés exotiques)	FARINES pour bétail.
Humidité.....	13 à 16	13 à 16	13 à 16	11 à 13	11,5 à 14	11 à 13
Gluten.....	7,5 à 9,5	7,5 à 9,5	8 à 12	8 à 12	9,5 à 13	Soluble, échappe au dosage
Eau d'hydratation du gluten.....	66 à 69	65 à 68	60 à 62	56 à 59	63 à 68	
Matières grasses..	0,75 à 1,00	0,90 à 1,10	1,50 à 1,80	2,25 à 2,75	0,75 à 1,00	3,50 à 5,00
Cendres.....	0,30 à 0,45	0,45 à 0,60	0,50 à 0,95	1,25 à 1,60	0,35 à 0,45	2,00 à 3,50
Acidité.....	0,015 à 0,030	0,025 à 0,050	0,090 à 0,12	0,12 à 0,15	0,015 à 0,030	0,15 à 0,30
Matières azotées totales.....	0,05 à 1 p. 100		0,50 à 1,50	2 à 4 p. 100	0,5 à 1 p. 100	16 à 19 p. 100
	En plus du gluten.					

L'*humidité des farines* est fonction de l'humidité de la saison et de sa température ; l'humidité de la farine dépend également du degré de mouillage que le blé a subi avant la fabrication. Si le taux d'humidité peut s'abaisser vers 11, 10,50 p. 100, il peut, au contraire, s'élever jusqu'à 17 et 18 p. 100. Il y a grand inconvénient à fabriquer des farines aussi humides, car, mises en sacs, elles s'agglomèrent pour former

des pelotes ; en outre, si la température est suffisamment élevée, il se développe une odeur de moisi, qui peut être accentuée au point de rendre la farine complètement inutilisable par la boulangerie ; le boulanger a donc avantage à choisir tou-

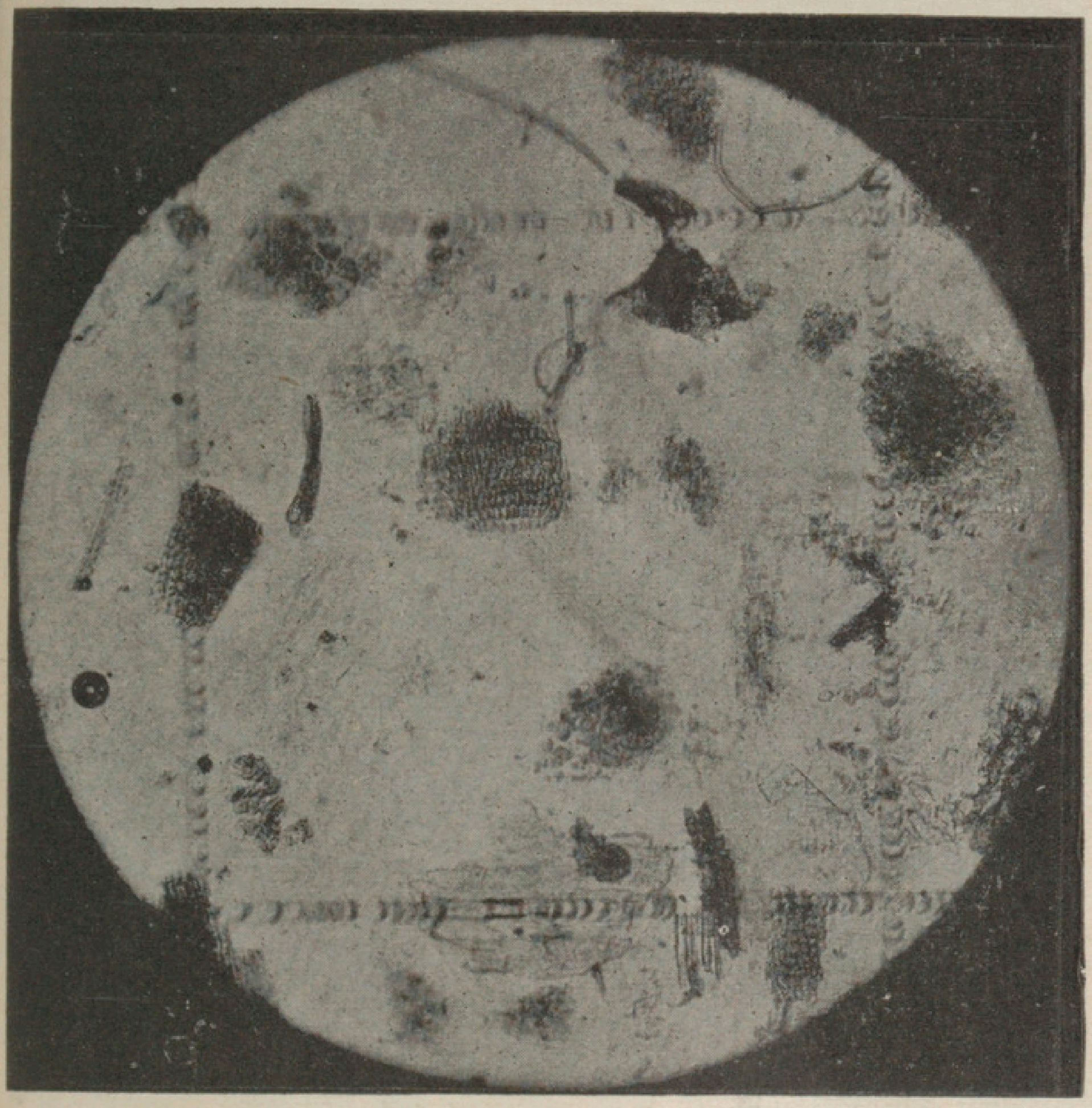


Fig. 114. — Mouture par meules, 62 p. 100 d'extraction. Quantité d'impuretés contenue dans 1 centigramme de farine.

jours les farines les plus sèches. En général, plus une farine est riche en gluten, et plus elle est sèche.

La *proportion de matières grasses*, contenue dans les farines, augmente à mesure que le taux d'extraction augmente lui aussi ; les farines premières, formées surtout des parties centrales des grains, renferment peu de matières grasses, tandis que les farines inférieures contiennent les parties

périphériques voisines des cellules de l'assise protéique qui renferment beaucoup d'huile; les farines mélangées de débris de germes sont également très grasses. La présence d'une grande quantité de matière grasse dans une farine est un

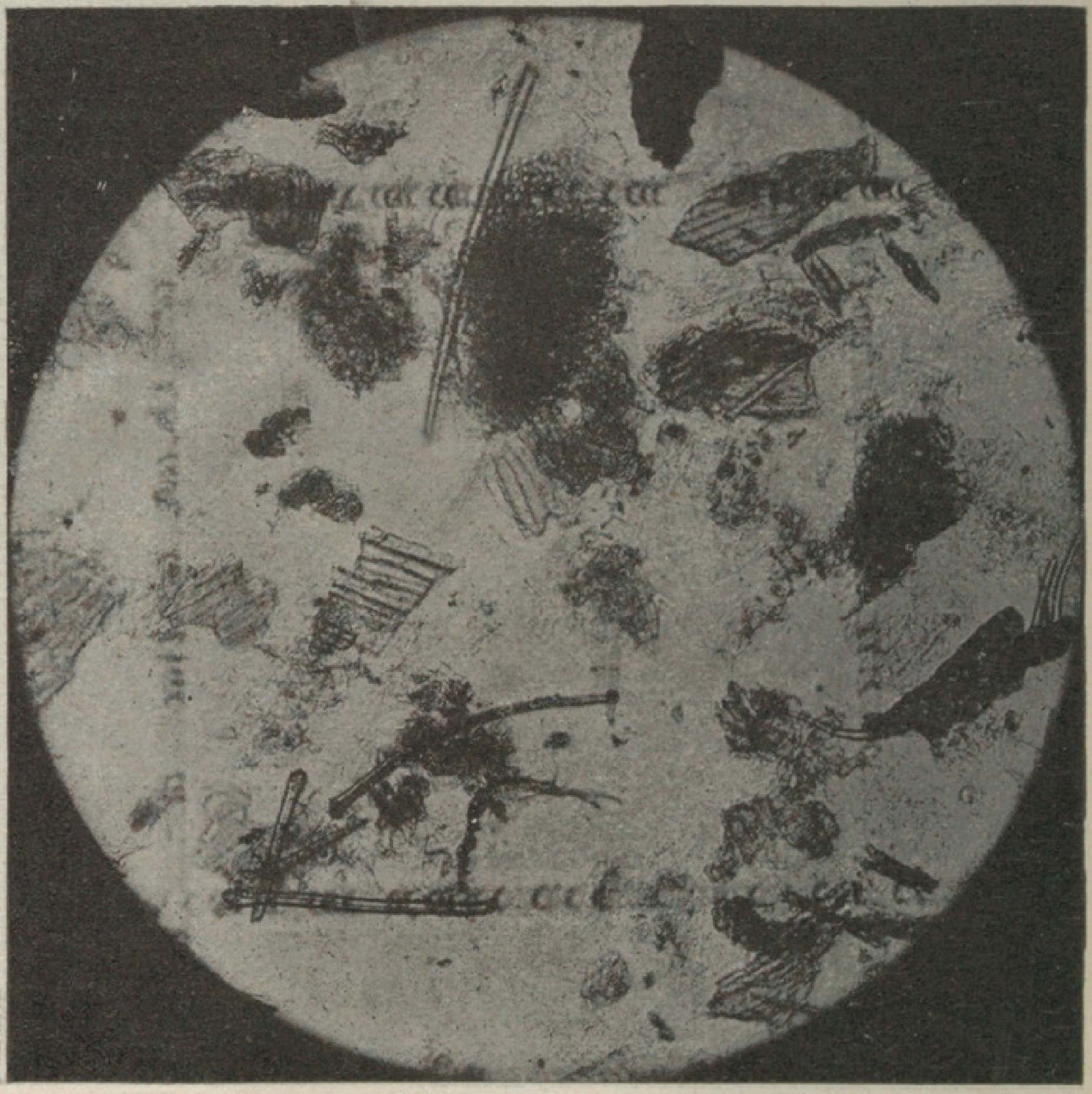


Fig. 115. — Mouture par meules, 70 p. 100 d'extraction. Quantité d'impuretés contenue dans 1 centigramme de farine.

inconvénient, car l'huile du blé rancit très aisément, en communiquant à la farine un mauvais goût. Lorsqu'on conserve une farine, on voit la quantité de matière grasse diminuer progressivement, en passant par exemple de 0,8 ou 1 p. 100 à 0,60 ou 0,40. A mesure que se produit cette disparition de la matière grasse, on voit se développer des acides gras qui augmentent et se retrouvent dans le dosage de l'acidité. On

peut donc, en établissant le rapport entre la quantité d'huile et celle des acides gras, voir si la farine est d'une mouture récente ou ancienne. Pour établir ce rapport, on épuise la

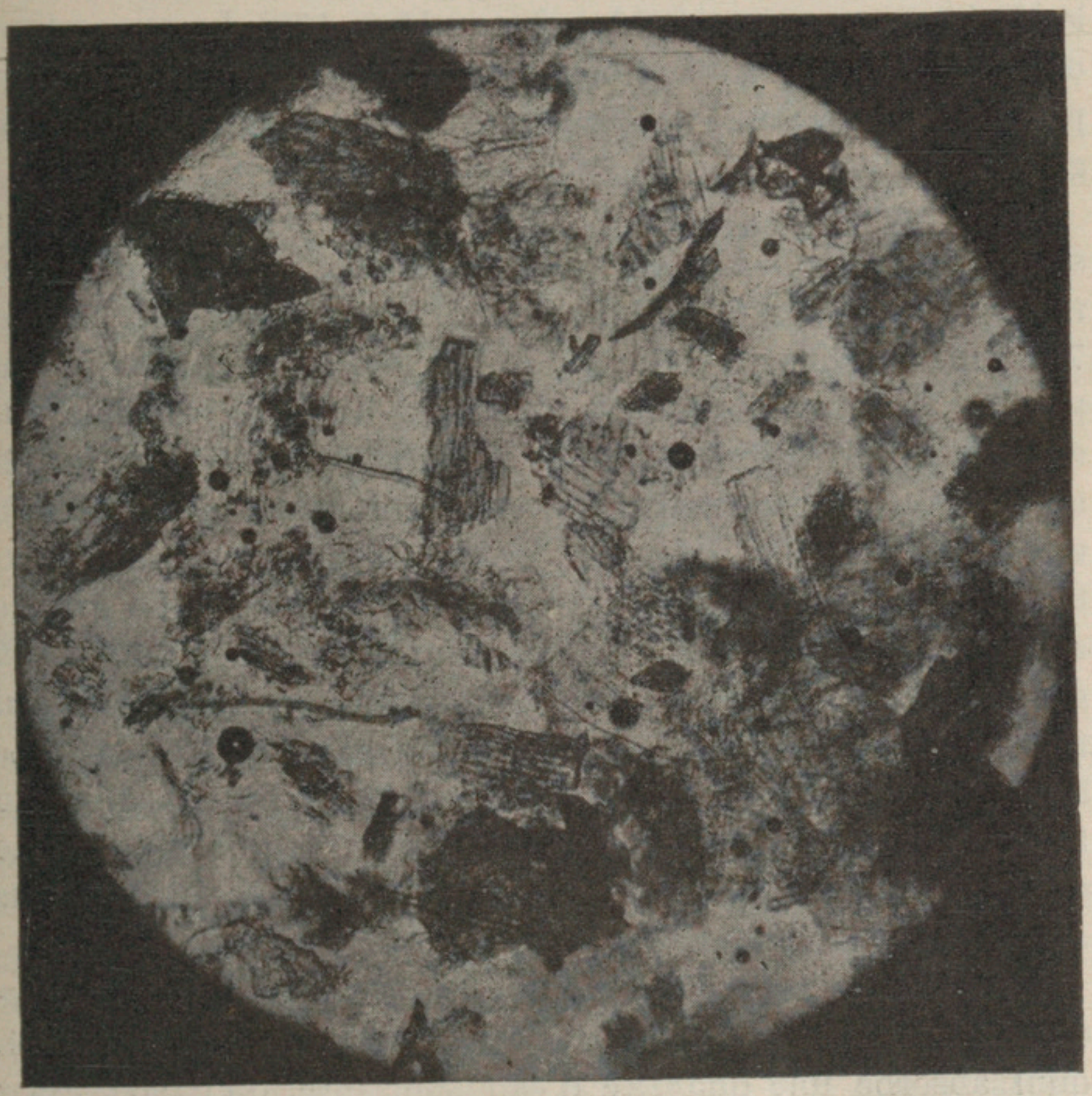


Fig. 116. — Mouture par meules, 78 p. 100 d'extraction. Quantité d'impuretés contenue dans 1 centigramme de farine.

matière grasse extraite par l'éther, au moyen de l'alcool à 95° qui dissout seulement les acides gras.

L'*acidité* des farines, qui est naturellement très faible, augmente rapidement avec le temps, et cette augmentation est plus importante pour les farines de blés tendres que pour les farines de blés durs. La teneur maxima que doivent présenter les farines saines et de bonne conservation est de 0,050 p. 100. Les farines à taux d'extraction élevé sont, par

leur nature, plus acides que les farines de première qualité.

La *proportion des cendres* varie peu avec le degré de mouture. Cependant les farines à faible taux d'extraction renferment un peu moins de matières minérales (0,30 p. 100) que les farines un peu moins blanches (0,45 p. 100). La proportion des cendres peut être augmentée par suite d'un nettoyage imparfait du blé, du fait des poussières retenues dans le sillon des grains.

La *quantité de gluten* que doit renfermer une farine pour se prêter convenablement aux opérations de la boulangerie est voisine de 8,50 p. 100; le minimum exigible doit être de 7,50; nous avons vu déjà que la proportion de gluten fourni par les blés français tend à s'abaisser de façon sensible au-dessous de ces chiffres. Les farines de qualité inférieure, représentant des taux d'extraction élevés, renferment plus de gluten que les farines premières; mais ce gluten est de mauvaise qualité, par suite de l'augmentation de la gluténine. La grande acidité, constatée dans certaines farines, vieillies ou à taux d'extraction élevé, a une funeste influence sur le gluten, qui tend à se dissoudre, et par suite s'agglomère fort mal. Le boulanger a donc intérêt à rechercher les farines à haute teneur en gluten : pour les farines blanches à gluten de bonne qualité, une proportion de 1 p. 100 de gluten en plus augmente le rendement en pain de 3 p. 100.

Mais la forte teneur en gluten n'est pas la seule chose à rechercher; il faut encore que ce gluten soit de bonne qualité, qu'il absorbe une quantité d'eau suffisante, qu'il soit assez élastique et cohérent pour donner un pain bien levé et ne s'affaissant pas après la cuisson. C'est ici que l'on consultera avec profit le taux d'hydratation du gluten; les farines de bonne qualité donnent un gluten qui, après essorage, retient une proportion d'eau comprise entre 66 et 69 p. 100.

L'hydratation du gluten diminue à mesure que le taux d'extraction de la farine augmente, et à mesure également que la farine est plus ancienne. Les farines de deuxième qualité donnent un gluten retenant seulement 60 à 62 p. 100 d'eau, et les farines troisièmes, 56 à 59 p. 100.

Pour bien fixer l'importance de ce taux d'hydratation

du gluten, au point de vue de la fixation de l'eau par la farine et par suite du rendement en pain, nous emprunterons à M. Arpin l'exemple suivant : trois farines ont été comparées au point de vue de leur composition et au point de vue de la quantité d'eau, absorbée par 100 kilogrammes, pendant la fabrication du pain (ce dernier chiffre a été fourni par le relevé du travail pratiquement effectué dans une boulangerie). Les résultats ont été les suivants :

	HUMIDITÉ p 100.	GLUTEN p. 100.	HYDRATATION p. 100.	EAU absorbée p. 100 kil. de farine.
Farine 1.....	14,04	8,07	62,60	57,500
— 2.....	13,66	8,91	67,90	63,700
— 3.....	14,76	7,62	67,10	61,200

La farine n° 2, la plus sèche, contenant le plus de gluten, et au taux d'hydratation le plus élevé, a fixé par 100 kilogrammes de farine 63,700 d'eau : c'est donc elle qui a donné le plus fort rendement en pâte. Mais la farine n° 3, plus humide que la farine n° 1 et moins riche qu'elle en gluten, a donné cependant plus de pâte que la farine n° 1, car son gluten s'hydratait à 67,10, tandis que le gluten de la farine n° 1 ne contenait que 62,60 d'eau. Si la perte d'eau pendant la cuisson représente 15 p. 100 du poids de la pâte, on voit que la farine n° 1 donnera à peu près 5 kilogrammes de pain en moins que la farine n° 2, ce qui, à 0 fr. 40 le kilogramme de pain, représenterait pour la farine n° 1 une moins-value de 2 francs.

La qualité du gluten correspond également à sa composition, à sa teneur en gliadine et en gluténine. M. Fleurent est arrivé à ce sujet aux conclusions suivantes :

1° Quelle que soit la quantité de gluten contenue dans une farine, celle-ci fournira un pain d'autant meilleur, au point de vue de son développement pendant la fermentation et de sa facile digestion, que le gluten aura une composition centésimale plus voisine de 75 de gliadine et 25 de gluténine ;

2° Si le rapport atteint 20 de gluténine pour 80 de gliadine, le pain lève bien pendant la fermentation, mais pendant la cuisson il s'aplatit et devient compact ;

3° Pour les proportions de 34 de gluténine pour 66 de gliadine, la pâte se travaille difficilement, ne lève pas pendant la fermentation, le pain est lourd et indigeste.

Boland avait cherché à construire un petit appareil permettant d'apprécier rapidement la qualité du gluten d'une farine. L'instrument se compose d'un petit tube de cuivre portant à sa partie supérieure un piston monté sur une tige portant 50 divisions ; le piston étant placé au milieu du tube, c'est la division 25 qui affleure à la sortie. Le tube se place dans un bain d'huile, chauffé au moyen d'une lampe à alcool ; on porte la température du bain à 150°, puis on place dans le tube 7 grammes de gluten humide, contenu dans une capsule graissée à sa surface, le gluten ayant été préalablement roulé dans de l'amidon pour éviter toute adhérence. On laisse chauffer encore le bain pendant dix minutes, puis on lit sur la tige le nombre de degrés sortant de l'appareil. Ce nombre représente le volume du cylindre de gluten, gonflé par la dilatation, qui est venu soulever le piston après avoir rempli l'espace laissé vide au-dessous de ce dernier. Si le piston n'est pas soulevé, si par conséquent le volume du gluten n'a pas atteint 25°, la farine est impropre à la panification. Cet appareil, l'aleuromètre, fournit des indications contradictoires, et son emploi a dû être abandonné.

M. Manget recommande d'éprouver les glutens de la manière suivante :

Le gluten de 30 grammes de farine, essoré et abandonné au repos pendant une heure, est placé sur une plaque de porcelaine dégourdie dans une étuve chauffée vers 150°, pendant une heure. Si le pâton s'est beaucoup dilaté, en gardant sa forme arrondie, c'est que le rapport de la gliadine à la gluténine est voisin du rapport-type 75 à 25, et le pain sera de bonne qualité ; si le pâton conserve sa forme arrondie, mais sans augmenter de volume, on peut conclure à un excès de gluténine : le pain sera lourd ; si enfin le pâton ne conserve pas sa forme, se déprime en son centre, c'est qu'il y a trop de gliadine, et

que le pain s'affaissera après la cuisson, donnant encore un pain de mauvaise qualité.

Les altérations qui se manifestent dans les qualités de la farine peuvent provenir, comme nous l'avons vu, d'un vieillissement trop accentué ; ces altérations peuvent également être causées, en cours de fabrication, par un échauffement exagéré de la mouture ; cet inconvénient est surtout à redouter dans la mouture basse par meules ; ces dernières trop rapprochées, pulvérisent des parcelles de ce son, dont nous connaissons les inconvénients au point de vue de la fabrication du pain ; elles peuvent même extraire une partie de l'huile contenue dans les germes.

Toute une autre série d'altérations est due au développement dans les marchandises d'*insectes ou d'organismes inférieurs*.

On a signalé, depuis quelques années, des dégâts considérables causés dans les magasins à farine par la chenille d'un Lépidoptère, l'*Ephestia Kuehniella*. Cette chenille est de couleur blanc rosé et porte sur chaque anneau du corps deux points noirs symétriques. La chrysalide est de couleur fauve et s'entoure d'un fourreau de soie blanche. Le papillon a la tête noire, le thorax gris et noir, l'abdomen grisâtre, les ailes grises ponctuées de points blancs et frangées de noir à leur bord postérieur ; les ailes inférieures sont d'un blanc sale ; ce papillon mesure de 12 à 14 millimètres de long. On reconnaît la présence de cet insecte aux nombreuses toiles dont il s'entoure ; il suffit d'enfoncer un bâton dans un sac pour ramener, en retirant doucement le bâton, une masse de filaments blancs. Les farines ainsi attaquées montrent un gluten désagrégé, et donnent un pain à odeur et à saveur désagréables. Si l'attaque est importante, la farine devient impropre à toute panification. On peut désinfecter les chambres à farine envahies, au moyen de l'acide carbonique. Toutes les fissures et joints ayant été hermétiquement clos, on place de la braise dans un poêle, qui communique par un tuyau avec la partie inférieure de la chambre, ce tuyau amenant l'air nécessaire à la combustion ; les produits de la combustion sont déversés, au moyen d'un second tuyau, à la partie supérieure de la chambre. L'action de

l'acide carbonique doit être prolongée pendant vingt-quatre heures.

On trouve souvent aussi dans les farines une larve, désignée sous le nom de *ver de farine*, qui est le *Tenebrio molitor*, appartenant à l'ordre des Coléoptères. Cette larve se trouve fréquemment dans les moulins; elle est récoltée soigneusement par les ouvriers, car elle est appréciée pour la nourriture des oiseaux d'élevage.

Cette larve peut aussi se rencontrer dans le son et dans les biscuits.

La farine est également visitée par certains Acariens et notamment par le *Tyroglyphus farinæ* Mégnin, que l'on appelle mite ou ciron. La farine prend une odeur de miel qui peut se retrouver dans le pain, en même temps qu'une saveur amère. On constate la présence de ces insectes par les petits monticules qui se forment à la surface d'un petit tas de farine comprimé entre deux feuilles de papier.

Les *organismes inférieurs* qui se trouvent dans les farines avariées sont des bactéries, des levures et des moisissures.

Les *bactéries* attaquent, soit le gluten en amenant sa putréfaction, soit l'amidon qu'elles transforment en dextrine et en glucose. On trouve parfois des bactéries colorées qui se développent, soit dans toute la masse de la farine, soit sur des points limités, comme le *Micrococcus prodigiosus*.

Les *levures* se reconnaissent aisément à leur forme ; la plus fréquente est le *Saccharomyces glutinis*, qui forme sur les substances amylacées des taches roses.

Les *moisissures* envahissent plus ou moins les farines exposées à l'humidité. Parmi ces moisissures, les unes, de couleur verte, ne sont pas dangereuses pour l'organisme et communiquent seulement au pain des propriétés laxatives ; d'autres, au contraire, de couleur orangée et noire, peuvent rendre les farines toxiques. Parmi ces moisissures, celles que l'on rencontre le plus fréquemment sont :

Le *Mucor Mucedo*, qui se développe facilement sur un morceau de pain humide, placé sous une cloche ;

L'*Aspergillus glaucus*, de couleur verte ;

Le *Penicillium glaucum* ;

Le *Rhizopus nigricans*, dont les sporanges et les tubes sporangifères ont une teinte noirâtre ;

L'*Oïdium aurantiacum*, de teinte jaune orange assez foncée ;

Le *Thamnidium elegans*, de couleur blanche et de taille assez grande, etc...

La recherche des moisissures dans la farine est assez difficile ; on peut faire usage, pour faire apparaître de façon très nette les spores et les filaments mycéliens, du procédé suivant, indiqué par M. Guéguen. On emploie un réactif désigné sous le nom de bleu lactique, et qui est préparé en faisant dissoudre au mortier, à froid, 15 centigrammes de bleu coton dans 100 grammes d'acide lactique ; on filtre après vingt-quatre heures et on a une solution qui se conserve indéfiniment. Pour examiner une farine suspecte, on en délaye une petite quantité sur un porte-objet microscopique dans une goutte de réactif ; on recouvre d'une lamelle et on chauffe lentement jusqu'à émission de vapeurs. Après refroidissement, on examine la préparation au microscope, avec un faible grossissement (environ 100 diamètres), et on aperçoit les spores et les filaments mycéliens colorés en bleu foncé, alors que les grains d'amidon sont transparents et incolores. On termine l'examen à un grossissement plus considérable. En opérant à froid, l'action du réactif est beaucoup plus lente, et suffisante seulement après quelques heures.

Outre leurs parasites propres, les farines peuvent encore présenter ceux qui se sont développés sur les céréales dont les farines ont été tirées ; on trouve notamment parmi ces parasites des champignons dont les uns sont inoffensifs et altèrent seulement l'aspect extérieur, tandis que d'autres, au contraire, communiquent aux farines leurs propriétés toxiques.

L'*ergot*, causé par le développement du *Claviceps purpurea*, peut se trouver dans la farine en proportion notable et suffisante pour provoquer des troubles. La farine contenant 1 p. 100 d'ergot, prend une teinte rosée quand on la mouille. Un des procédés les plus expéditifs et les plus sûrs pour déceler l'ergot a été indiqué par Hoffmann : sur 15 grammes de farine suspecte on verse 30 grammes d'éther et 15 gouttes d'acide sulfurique dilué à 1 pour 5. On agite et on filtre après vingt-quatre heures.

On ajoute au liquide filtré de l'éther ayant servi à laver la farine, de manière à complèter 30 centimètres cubes. On ajoute alors 10 à 20 gouttes d'une solution aqueuse saturée de carbonate de soude, qui fait passer la matière colorante de l'ergot dans la solution aqueuse, tandis que la chlorophylle et la matière grasse restent en solution dans l'éther. La solution aqueuse prend donc une teinte violette, dont l'intensité varie avec la proportion d'ergot.

On peut trouver encore dans les farines les urédospores et les téleutospores du *Puccinia graminis* (la rouille du blé) ; les spores du *Tilletia caries* (carie), de l'*Ustilago carbo* (charbon), du *Clasdosporium herbarum* (noir des céréales), etc...

Enfin on peut encore trouver en mélange dans les farines, des fragments provenant des graines données par les plantes adventices, ayant végété en même temps que le blé, et qu'un nettoyage insuffisant du grain n'a pas pu éliminer avant la mouture. Ces différentes graines se reconnaissent d'après leurs caractères anatomiques, qu'une étude microscopique permettra de mettre en évidence. Nous ne saurions indiquer ici ces caractères qui sont plutôt du domaine de la botanique ; nous nous contenterons de donner la liste des graines étrangères que l'on trouve le plus communément en mélange avec la farine de blé :

Ivraie (*Lolium temulentum*) ;

Mélampyre, Rougette, Queue de Renard (*Melampyrum arvense*) ;

Adonide d'automne (*Adonis autumnalis*) ;

Pied d'alouette (*Delphinium consolida*) ;

Moutarde blanche (*Sinapis alba*) ;

Moutarde noire (*Brassica nigra*) ;

Moutarde des champs, Ravison (*Sinapis arvensis*) ;

Gratteron (*Galium aparine*) ;

Luzerne (*Medicago Lupulina*) ;

Nielle des blés (*Agrostemma Githago*) ;

Cameline (*Camelina sativa*) ;

Muscari (*Muscari comosum*) ;

Coronille scorpioïde (*Coronilla scorpioïdes*) ;

Melilot (*Melilotus officinalis*) ;

Coquelicot (*Papaver Rhœas*) ;
Renoncule des champs (*Ranunculus arvensis*) ;
Folle avoine (*Avena fatua*) ;
Vesces (*Vicia sepium et Cracca*) ;
Gesse (*Lathyrus aphaca*), etc...

Certaines de ces graines sont particulières à certaines régions; les blés de Russie et de l'Inde renferment beaucoup de seigle ; ceux d'Australie, de l'ivraie ; ceux de Californie, de petites avoines blanches ; ceux de Syrie, des graines de *Cephalaria syriaca*, plante presque inconnue dans nos contrées. Ces graines nuisent toujours à la beauté de la farine ; elles peuvent gêner la mouture en encrassant les cylindres et les meules ; elles peuvent enfin communiquer à la farine des propriétés malsaines, comme l'ivraie, qui en quantité suffisante produit de l'accablement et des accès d'ivresse; comme la nielle qui donne à la farine un mauvais goût, et qui peut à une certaine dose, et si elle n'a pas été soumise à une température suffisamment élevée, agir comme toxique.

FALSIFICATIONS DES FARINES

A côté de ces modifications dans la composition des farines, de ces altérations qui sont causées, soit par un travail défectueux, soit par l'influence de circonstances naturelles, on trouve parfois des farines dont la mauvaise qualité est due à des mélanges et à des additions volontaires ; on se trouve alors en présence de fraudes caractérisées.

Farines manipulées. — M. Balland a signalé, en 1889, une fraude qui consiste à faire passer dans le commerce, comme farines de première qualité, des farines altérées par une longue conservation. Ces farines sont reprises et retravaillées à la meule ou aux cylindres avec des farines récentes. Ces farines ainsi manipulées ne présentent pas une nuance homogène ; elles offrent, au contraire, des marbrures. L'acidité de ces farines est forte, la matière grasse en est au contraire faible ; l'odeur est également défectueuse ; le gluten enfin est de mauvaise qualité, peu consistant et mousseux.

Dégruautage. — Une autre tromperie consiste à mettre en vente comme farine, les produits d'une mouture incomplète, dont on a séparé une proportion plus ou moins grande de gruaux, capable de fournir une farine, de prix de vente élevé. L'élimination des gruaux se fait à partir du second convertissage, et dans une proportion de 10 à 25 p. 100, parfois davantage. Les farines ainsi appauvries manquent de gluten, et leur gluten est de mauvaise qualité, s'hydratant peu, manquant de cohésion et d'élasticité. La proportion des matières grasses et des cendres est très élevée. La farine se prête mal au pétrissage ; le pain offre une mie grise et compacte, une croûte rouge et molle. Une telle farine ne doit être mise en vente que sous son nom véritable de farine dégruautée.

Addition de matières minérales . — Il est assez rare que l'on fraude les farines destinées à l'alimentation humaine par une addition de substances minérales, telles que sulfate de chaux, carbonate de chaux, alun, talc, silicate de magnésie; de pareilles fraudes ont été reconnues surtout sur les farines destinées à la nourriture du bétail. Une proportion élevée de matières minérales dans une farine se montre par le dosage des cendres ; il existe un autre procédé qui permet d'isoler les matières minérales contenues dans une farine, et qui repose sur la différence de densité qui existe entre la farine même d'une part et les matières minérales d'autre part. Une méthode indiquée par M. Cailletet fait usage de chloroforme ; la méthode officielle recommande l'emploi du tétrachlorure de carbone ; on opère de la manière suivante : dans un tube à essais de 20 centimètres de hauteur et 2 centimètres de diamètre, on introduit 4 grammes de farine et 20 centimètres cubes de tétrachlorure de carbone ; on agite fortement et on laisse déposer. Les plus petites traces de matières minérales se précipitent, tandis que la farine surnage. Les poussières de grès, provenant de l'usure des meules, forment un très léger dépôt brun formé de petits grains mobiles, tandis que les matières minérales, ajoutées frauduleusement, donnent un dépôt blanc ou grisâtre, adhérent. Si on a constaté la présence d'un tel dépôt, n'aurait-il que 2 ou 3 millimètres de hauteur, on opère un traitement semblable sur 50 grammes de farine, qu'on agite

énergiquement dans une boule à décantation, avec 500 centimètres cubes de tétrachlorure de carbone. En manœuvrant rapidement le robinet, on entraîne le dépôt formé, dans une capsule de platine. On agite à nouveau et, après avoir recommencé trois fois cette opération en recueillant chaque fois le dépôt, on laisse reposer jusqu'au lendemain, pour recueillir les dernières traces de matières minérales. Le liquide reçu dans la capsule est évaporé et le résidu incinéré pour brûler les matières grasses entraînées. Le poids du résidu représente, avec une perte de 1/5 environ, la matière minérale ajoutée à la farine.

Si les matières minérales, ajoutées frauduleusement, se rencontrent assez rarement, M. Arpin signale qu'on trouve souvent au contraire, dans la farine, du sable fin provenant de la pulvérisation des petites pierres, qu'un épierrage défectueux a laissé dans le blé. Ce sable, assez fin pour pouvoir passer au travers des soies nº 120, ne devient gênant qu'au delà de 15 à 20 grammes par 100 kilogrammes de farine; au delà de cette limite, le pain obtenu au moyen de semblable farine devient croquant sous la dent.

Pour doser ce sable, M. Arpin recommande la méthode suivante : on opère comme pour un dosage de gluten, mais en agissant sur un pâton de 100 grammes de farine. L'amidon éliminé, on frotte fortement le gluten entre les doigts pour qu'il retienne le moins de sable possible, et on recueille l'eau amylacée dans un verre d'un litre. Après repos de deux heures, on siphonne l'eau et la majeure partie de l'amidon, en respectant soigneusement le dépôt. Ce dernier est transvasé dans une capsule de porcelaine; on ajoute 2 à 3 centimètres cubes d'acide sulfurique et on solubilise l'amidon par chauffage au bain-marie. On siphonne l'eau surnageante, on lave plusieurs fois le sable déposé sur le fond de la capsule, par décantation, et on le fait finalement passer dans un vase à extrait taré. On sèche finalement à 110º et on calcule la proportion de sable pour 100 kilogrammes de farine.

La limite à tolérer est de 15 à 18 grammes; on rencontre des farines à 50 ou 90 grammes, et exceptionnellement à 150, 200, 250 et même 300 grammes. A partir de 20 grammes, la

farine doit être considérée comme impropre à la panification.

Addition de farines étrangères. — La fraude la plus fréquente que l'on fasse subir aux farines est une addition de farines étrangères : seigle, riz, maïs, ou farines de légumineuses. La recherche de ces farines étrangères ne peut se faire qu'à l'aide du microscope, et l'on met à profit, pour arriver à une certitude, d'abord les différences qui existent dans la forme des grains d'amidon des différentes farines, et ensuite les différences que l'on peut relever dans la constitution anatomique des débris qui accompagnent toujours les farines, en proportion plus ou moins notable. On opère parfois sur la farine elle-même, simplement délayée dans une petite quantité d'eau ; il est de beaucoup préférable d'éliminer avant tout examen la matière azotée, et d'étudier seulement l'eau amylacée qui provient du lavage d'un pâton de farine. On peut se servir utilement dans ce but des eaux récoltées pendant le malaxage, nécessaire pour le dosage du gluten. Il faut, en outre, que le chimiste puisse indiquer, non seulement la présence de telle ou telle farine en mélange avec la farine de blé, mais encore la proportion ajoutée : nous verrons comment on peut approximativement résoudre ce dernier problème.

Pour effectuer l'examen microscopique d'une farine, on suivra très utilement la méthode indiquée par M. Arpin, qui consiste à séparer les matières amylacées et autres, entraînées pendant le lavage du pâton, en plusieurs couches de produits superposés suivant l'ordre de leurs densités.

Une fois le dosage du gluten terminé, on agite à la main le contenu de la terrine, pour remettre le dépôt en suspension, l'amidon formant des dépôts très denses et fortement adhérents aux parois des vases. Pour éviter toute fermentation, on ajoute un antiseptique : 1 ou 2 centimètres cubes de formol, ou 1 à 3 gouttes d'essence de moutarde, et on verse tout le contenu de la terrine dans un verre à expériences de 750 centimètres cubes, en rinçant soigneusement la terrine ; on laisse le dépôt se faire pendant environ douze heures, du jour au lendemain ; un excès de repos, loin d'être nuisible, donne au contraire des couches plus dures et de séparation plus facile.

Au bout de ce temps, on constate, à travers les parois du

verre, qu'il s'est formé dans le dépôt trois couches distinctes: on trouve, en partant de la partie supérieure, d'abord une couche d'un blanc grisâtre, très liquide, sans cohésion, et qui comprend les globules d'amidon les plus petits, et les plus légers, avec des débris cellulosiques de très faible grosseur, des fragments de poils, etc. ; en dessous se trouve une seconde couche, d'aspect gris, contenant les grains d'amidon de grosseur moyenne, et des débris cellulosiques entiers ; la troisième couche est très blanche et très résistante, elle renferme les gros grains d'amidon et les gros gruaux. Enfin, dans le fond du verre, on trouve les fragments extrêmement fins de sable qui proviennent, comme nous l'avons dit, des pierres broyées en même temps que le blé.

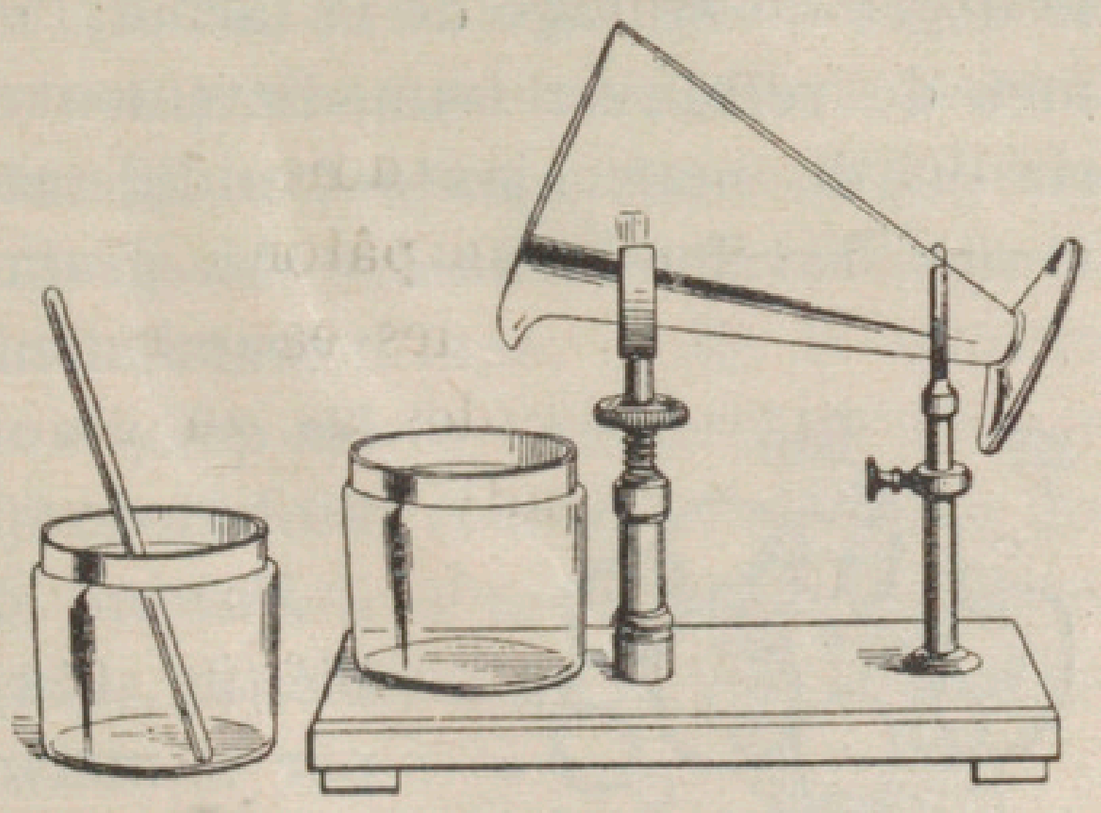


Fig. 117. — Décantation des eaux amylacées.

Pour obtenir une séparation parfaite des trois couches sans risquer de les mélanger à nouveau, en inclinant et en redressant plusieurs fois le verre pour faire la décantation, M. Arpin a imaginé un support très commode (fig. 117), formé de deux fourches métalliques, qui soutiennent, l'une la partie évasée du verre, l'autre la partie rétrécie, voisine du pied. La tige qui supporte la dernière fourche glisse dans un tube, et peut être fixée à la hauteur convenable au moyen d'une vis de pression ; la tige supportant au contraire la première fourche est filetée, elle pénètre dans un tube taraudé et, au moyen d'une bague, on peut doucement et à volonté augmenter l'inclinaison du verre. On fait donc la décantation dans ces conditions, et à mesure que chacune des couches se présente ; on prélève une goutte de la matière, on la place sur un porte-objet, on l'étend de deux ou trois gouttes d'eau, on recouvre d'une lamelle et on peut procéder à l'examen miroscopique. Le grossissement qu'il convient d'adopter est celui de 350 diamètres, dans la majorité

des cas ; pour les circonstances douteuses, on peut aller jusqu'à 600 ou 700 diamètres. On fait cinq ou six prises différentes pour chacune des couches successives.

On peut compléter ce mode opératoire par le suivant qui est indiqué par la méthode officielle, et qui permet de séparer tous les grains d'amidon simples, des téguments et des débris cellulaires. Pour cela, on reçoit les eaux amylacées, provenant de la lixiviation d'un pâton de farine sur un tamis garni de soie n° 240; on lave, à grande eau, le résidu qui reste sur le tamis ; on le frotte avec les doigts jusqu'à ce que l'eau de lavage soit tout à fait claire. La proportion de ce résidu permet d'apprécier le degré de blutage de la farine; l'examen microscopique permet de retrouver immédiatement la plus grande partie du riz ou du maïs ajouté frauduleusement ; il peut, en même temps, révéler la nature des graines étrangères qui existent normalement dans les blés, ou de celles qui y auraient été introduites dans un but de spéculation frauduleuse.

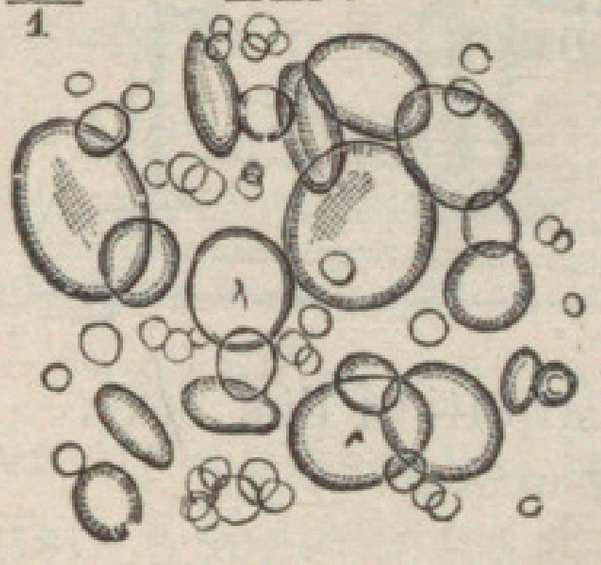


Fig. 118. — Amidon du blé.

Farine de blé. — L'amidon du blé (fig. 118) est nettement caractérisé par le mélange d'un très grand nombre de petits grains, et de grains très volumineux, avec une proportion restreinte de grains intermédiaires. Les petits grains mesurent environ 2 à 8 μ; ils sont arrondis ou ovales, rarement polyédriques ou pointus. Ces grains anguleux peuvent être confondus par un observateur insuffisamment expérimenté avec des globules d'amidon étranger, et notamment avec les grains d'amidon de riz.

Les gros grains sont lenticulaires ; de face ils sont tantôt arrondis, tantôt ovales ou irréguliers ; ils ne présentent pas de hile apparent, ni de couches concentriques ; leur diamètre moyen qui est de 32 à 36 μ peut atteindre 45 μ ; de profil ils sont elliptiques, avec une strie longitudinale simple, généralement droite ou peu ondulée.

A côté des grains d'amidon isolés, on peut rencontrer dans les farines des gruaux plus ou moins volumineux, qui repré-

sentent une agglomération de grains ; on pourrait parfois se croire en présence de grains composés d'amidon de riz ; mais ces derniers ont toujours un contour bien défini, et sont formés de grains nettement anguleux de forme et de dimension régulières.

C'est dans la seconde couche de décantation que l'on peut retrouver les débris, actifs et inactifs, dont la présence peut avoir une si grande importance pour la bonne panification. Les débris de l'assise protéique sont formés, tantôt de cellules brisées et vides, tantôt d'un groupe de cellules entières et pleines ; elles sont polygonales avec des parois droites, épaisses et réfringentes. La matière azotée, l'aleurone, que ces cellules contiennent, et celle que leur rupture a mise en liberté dans la farine, se trouve en grains isolés ou en masses régulières. Pour être fixé sur la nature de ces substances, il suffit de les soumettre à l'action de la teinture d'iode, et de la teinture de cochenille ; la teinture d'iode colore l'amidon en bleu et l'aleurone en jaune brun ; la cochenille donne à l'aleurone une teinte rosée. Les débris de l'embryon se montrent sous forme de petites cellules polygonales, contenant un noyau très apparent et une fine matière azotée.

Les débris d'enveloppes sont constitués : 1° par des cellules de l'épicarpe très allongées, à parois épaisses et ponctuées ; celles qui proviennent de la partie supérieure du grain sont polygonales et souvent accompagnées de poils coniques, légèrement flexueux, à parois épaisses et lisses, et dont la cavité à son extrémité inférieure, s'élargit brusquement en forme de bulbe ou d'entonnoir ;

2° Par des cellules du mésocarpe, de dimensions plus considérables que les précédentes, et dont quelques-unes sont sclérifiées, de forme irrégulière, et laissant entre elles des méats ;

3° Par des cellules transversales, régulières dans leur forme et dans leur direction, et qui, vues en section longitudinale, sont arrondies et régulièrement superposées ;

4° Enfin, par des cellules tubulaires, représentant l'endocarpe, le plus souvent adhérentes aux cellules transversales, longues, sinueuses, juxtaposées, ou séparées au contraire les unes des autres.

Pour rendre plus apparents les éléments du son, M. Vogl recommande la méthode suivante : on place 2 grammes de farine dans un verre de montre, et on délaye avec une solution alcoolique de bleu de naphtylène (10 centigrammes de bleu de naphtylène, 100 grammes d'alcool absolu, et 400 grammes d'eau distillée). On place une goutte du mélange sur un porte-objet, on laisse sécher et on examine la préparation sous une goutte d'huile de sassafras ou de créosote. Les cellules de l'épicarpe, du mésocarpe, les cellules transversales, les poils sont colorés en bleu ou en bleu violet ; le contenu des cellules à aleurone et les cellules de l'embryon prennent une teinte bleu pâle ; les membranes des cellules amylacées et les grains d'amidon, non seulement restent incolores, mais encore ils sont tellement transparents, que les parties colorées sont seules visibles.

Farine de seigle. — La farine de seigle sert parfois seule à la fabrication du pain, dans certains pays ; ou bien on emploie un mélange de farine de blé et de farine de seigle. Le gluten du seigle ne jouissant nullement des propriétés que possède le gluten du blé, les pains de seigle sont moins levés et plus compacts, plus hygroscopiques que les pains de froment. La farine de seigle ayant une valeur commerciale moindre que la farine de blé, on trouve souvent du seigle dans le blé, lorsque la farine de ce dernier atteint des cours élevés. La structure du seigle est très voisine de celle du blé, et on retrouve dans les deux farines les mêmes éléments anatomiques. On peut cependant relever certaines différences. Les grains d'amidon (fig. 119) offrent encore un mélange de grains gros et petits, avec une faible proportion de grains moyens. Les gros grains sont arrondis et plus réguliers que les grains d'amidon de blé ; leur diamètre moyen est de 30 à 40 μ, il peut atteindre souvent 45 à 50 μ et plus rarement 60 à 65 μ ; ils ont donc une taille supérieure à celle des grains d'amidon de blé. Certains de ces grains d'amidon de seigle offrent de fines stries concentriques ; d'autres montrent une déchirure en forme d'étoile ayant de trois à cinq

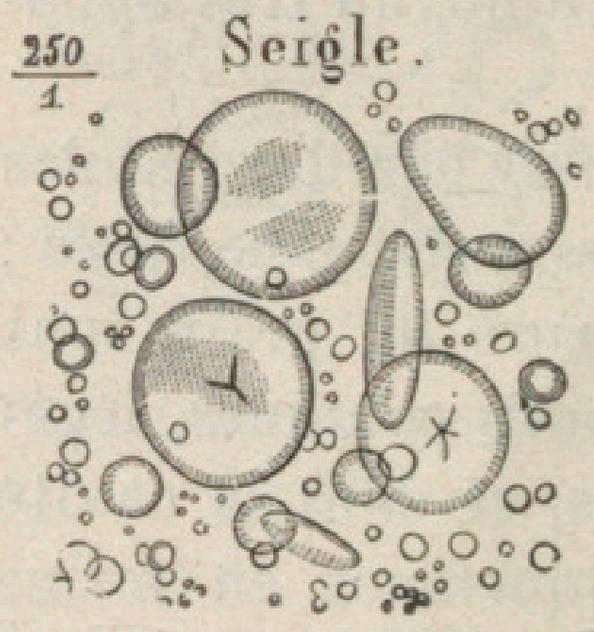


Fig. 119. — Amidon du seigle.

branches ; on dit qu'ils possèdent un hile étoilé. La proportion de ces grains étoilés oscille entre 7 et 10 p. 100. Ces gros grains se retrouvent dans la partie inférieure du dépôt amylacé, formé comme nous l'avons vu précédemment. Les petits grains sont arrondis ou légèrement déformés par la pression qu'ils ont pu exercer les uns contre les autres ; ils sont isolés, parfois réunis en masses irrégulières qui se dégragrègent facilement; exceptionnellement, on trouve des grains soudés par deux ou trois. Les grains moyens ont les formes plus variées, ils sont tantôt cylindriques, tantôt en forme de calotte allongée, de ventouse ou de cloche.

Les cellules de l'épicarpe ont des parois bien moins épaisses, avec ponctuations moins apparentes que dans le cas du blé. Les cellules transversales offrent également des ponctuations bien moins apparentes que chez le blé, avec des parois latérales généralement plus épaisses.

Un élément distinctif assez important est fourni par l'examen des poils; ils sont encore de longueur variable, mais leurs parois sont moins épaisses que celles des poils de blé, et la partie inférieure deleur cavité ne s'élargit pas brusquement en entonnoir, comme cela a lieu chez ces derniers. Pour isoler les poils contenus dans la farine, on peut opérer de la manière suivante : 3 grammes de farine sont délayés dans 100 centimètres cubes d'eau, et on fait bouillir. Il se produit à la surface une écume faiblement colorée, qui contient la plus grande partie des poils ; on prélève une petite partie de cette écume, que l'on examine au microscope, dans une goutte de solution d'hydrate de chloral.

Notons enfin que, si la présence du seigle dans le blé est assez facile à déceler, le problème inverse est beaucoup plus difficile à résoudre.

Farine de riz. — La farine de riz se présente comme une poudre d'un blanc éclatant, sèche, et finement granuleuse au toucher. Cette farine a d'abord été employée en mélange avec les farines deuxièmes pour leur rendre une blancheur suffisante. La farine de riz est composée presque exclusivement de matière amylacée, avec une proportion très minime des enveloppes du fruit. Les graines d'amidon (fig. 120) se présen-

tent dans cette farine sous trois aspects différents : grains simples, grains composés et grains agglomérés.

Les grains simples sont de très petite taille; ils ne mesurent guère plus de 5 à 6 μ de diamètre; ils ont une forme polyédrique, avec des angles très nets, rarement arrondis ; ils ont un hile, en forme de point, mais très peu apparent.

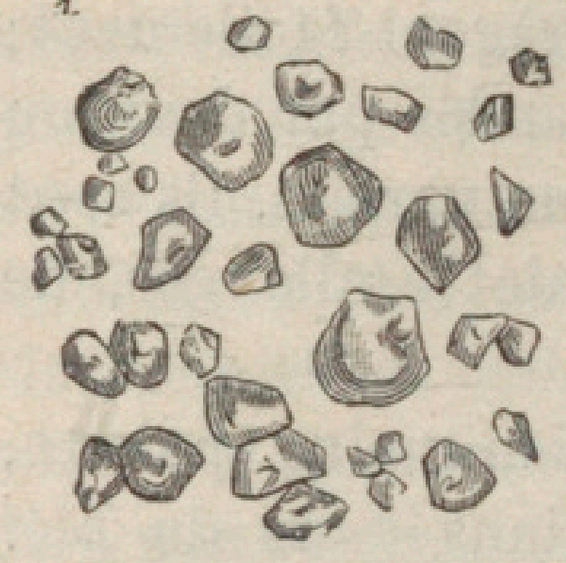


Fig. 120. — Amidon du riz.

Les grains composés ont une forme et une dimension variables ; ils sont arrondis ou ovoïdes, à contour net, généralement un peu anguleux. Ils sont formés par une agglomération de grains simples, en nombre variant de 4 à 100 et même à 200, pour les plus gros grains composés.

Les grains agglomérés se trouvent en masses plus ou moins grosses, tantôt formées de grains juxtaposés et disjoints, tantôt de cellules renfermant soit des grains simples, soit des grains composés.

Si l'on tamise sous un filet d'eau de la farine de riz et qu'on fasse passer l'eau amylacée à travers une soie n° 240, on constate qu'il reste sur le tamis une proportion de gruaux, qui peut représenter le tiers du poids de la farine employée ; ces gruaux sont très durs, très difficiles à désagréger sous les doigts. Cette résistance des gruaux d'amidon se retrouve même à chaud, car, si on examine au microscope du pain préparé avec de la farine de blé mélangée de farine de riz, on retrouve les gruaux de riz ayant à peu près conservé leur apparence normale, alors que les grains d'amidon de blé sont tous altérés dans leur forme.

Les débris sont rares dans la farine de riz ; on peut les voir en examinant des préparations de farine chauffée avec un mélange de glycérine et d'acide acétique ; l'amidon forme une masse transparente au milieu de laquelle les rares débris apparaissent : ce sont des cellules tubulaires, très rapprochées les unes des autres, très sineuses et très étroites, et quelques fragments d'assise protéique ; on ne trouve jamais de poils.

Le verre, contenant les trois couches du dépôt amylacé,

préparé selon la méthode de M. Arpin, offre les grains composés, moins denses que les gros grains d'amidon de blé, dans la couche moyenne et dans la couche inférieure ; c'est là qu'il conviendra de les rechercher.

On peut chercher à isoler les gruaux de riz, en faisant passer les eaux de lavage, ayant servi à l'extraction du gluten d'une farine suspecte, à travers un tamis nº 240 ; on frotte bien le tamis avec les doigts pour désagréger les gruaux de blé qui peuvent se trouver dans la farine; et on examine le résidu en faisant plusieurs prises ; en cas de fraude, on trouvera dans chacune d'elles des gros grains composés et des gruaux. Les grains composés de taille plus petite se retrouveront dans la couche moyenne des produits tamisés et abandonnés au repos. Ce procédé, d'après MM. Villiers, Collin et Fayolle, permet d'apprécier la quantité de farine de riz ajoutée à la farine de blé, en se basant sur la proportion des gruaux de riz qui restent presque tous sur le tamis nº 240.

Le procédé Gastine met les grains de riz en évidence par une coloration et une dessiccation complète qui a pour effet de rendre très apparent le hile des grains d'amidon de riz. Sur une lame porte-objet, on met 2 gouttes d'une solution colorante (bleu d'aniline, benzo-azurine, vert d'aniline, vert de méthyle, chrysaniline, etc., à la dose de 5 centigrammes dans 100 grammes d'alcool à 33º), dans lesquelles on délaye une très petite quantité de farine. On évapore lentement à 28º-30º, de manière à ne pas former d'empois, puis on achève la déshydratation d'abord à 50º, puis quelques minutes à 110º-130º, et on examine dans une goutte d'essence de cèdre ou de baume de Canada. Dans ces conditions, les grains d'amidon de blé, qui n'ont pas de hile apparent, ont conservé leurs caractères, tandis que le hile des grains d'amidon de riz se présente comme une ponctuation foncée. Il est alors facile de distinguer les petits grains d'amidon de riz des petits grains anguleux d'amidon de blé.

Enfin, un dernier procédé est dû à M. Bellier : il met à profit la différence de résistance que présentent les amidons du riz et du blé à l'action d'une solution aqueuse et glycérinée de potasse. On fait dissoudre 5 grammes de potasse pure dans

85 grammes d'eau distillée, et 15 grammes de glycérine à 30°. On peut opérer sur la farine même ou sur le dépôt amylacé obtenu après l'extraction du gluten. Dans ce dernier cas, on remet bien le tout en suspension dans l'eau et on fait des prises que l'on dépose sur des lames de verre ; on laisse sécher complètement avant d'ajouter le réactif. Dans le premier cas, on place la farine sur une lamelle et on la délaye dans le réactif ; on place les lamelles ; en examinant aussitôt après, on voit l'amidon de blé se gonfler de plus en plus pour disparaître entièrement au bout d'une ou deux heures ; l'amidon de riz, qui est très résistant, n'est pas touché par le réactif, il subsiste avec tous ses caractères distinctifs et se détache de plus en plus sur le fond de la préparation. Il est bon de faire tiédir les préparations pendant un certain temps vers 35°-40° ; parfois aussi il faut faire glisser le couvre-objet sur la lamelle pour désagréger les parties compactes, difficilement attaquables par le réactif.

Farine de maïs. — La farine de maïs a, en général, une teinte jaunâtre ; elle est rude et sèche au toucher, et elle contracte rapidement une odeur et une saveur rances, dues à l'altération de la matière grasse contenue en forte proportion dans le maïs. On prépare aux États-Unis, en traitant les maïs blancs et grâce à certains procédés, une farine blanche et fine qui peut être mélangée à la farine de blé, en proportion assez forte, sans que l'addition soit sensible par le changement de teinte ou de goût.

L'amidon (fig. 121) contenu dans la farine de maïs se présente sous deux aspects différents, suivant la partie du grain dont il provient. Dans la partie périphérique et cornée, les grains sont fortement serrés les uns contre les autres ; ils prennent par suite de la pression un contour anguleux et souvent pentagonal ; souvent ils montrent un hile en forme d'étoile ou de point. Ces grains sont isolés ou réunis en nombre variable pour former des gruaux, mais non des grains composés ; les gruaux sont durs et difficiles à désagréger par le malaxage sous un filet d'eau. La dimension des grains isolés varie de 15 à 25 μ. La partie profonde du grain renferme des grains d'amidon à contours arrondis, et à dimensions variables, allant de 10 μ à 38 μ, avec une moyenne de 12 à 15 μ. Ces grains d'amidon de maïs se

présentent dans la seconde et dans la troisième couche du dépôt d'amidon obtenu après extraction du gluten. Quand on fait un pâton avec de la farine de maïs, et qu'on le malaxe comme pour extraire le gluten, au-dessus d'un tamis, il ne reste entre les doigts de l'opérateur aucune parcelle de matière azotée, et le tamis retient à sa surface une assez forte proportion de son jaunâtre, dont l'examen attentif pourra donner d'utiles indications, grâce aux différences qui se relèvent dans la constitution des enveloppes des fruits du blé et du maïs.

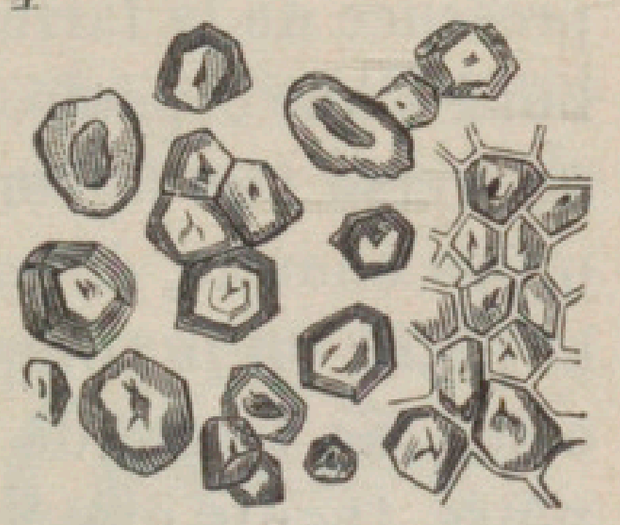


Fig. 121. — Amidon du maïs.

Farine de féveroles. — Nous avons vu que certaines farines de froment étaient très pauvres en matières azotées et se prêtaient par suite très mal au travail de la panification; on a reconnu depuis longtemps que ces farines pouvaient être améliorées par une addition de farine de légumineuses, très riches en azote; on choisit le plus souvent, pour jouer ce rôle, la féverole, dont le prix est peu élevé ; la proportion tolérée dans la farine de blé est de 4 p. 100.

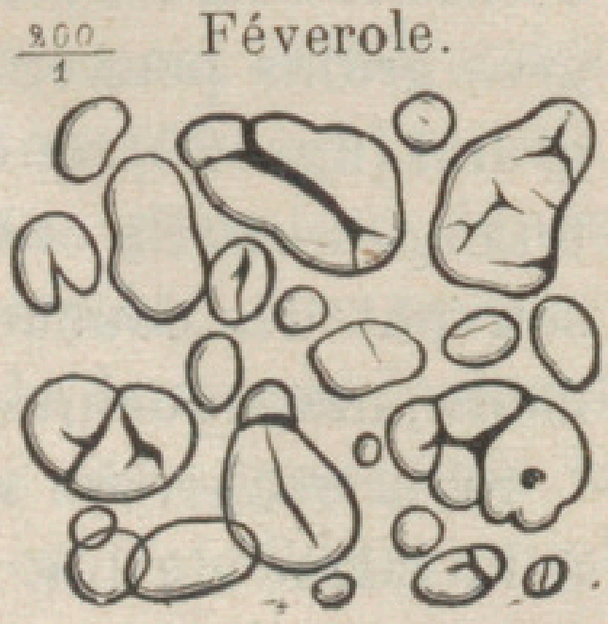


Fig. 122. — Amidon de la féverole.

Les grains d'amidon, fournis par la farine de féveroles (fig. 122) sont de forme et de dimensions assez variables : ils sont, en général, ovales, elliptiques, ou réniformes; ils offrent quelquefois un contour sensiblement triangulaire. La plupart des grains offrent un hile longitudinal, avec de courtes ramifications, mais disposé assez rarement en étoile. Les gros grains ont une longueur comprise entre 20 et 60 μ, pouvant atteindre 50 μ ; la largeur la plus ordinaire est de 8 à 30 μ, mais peut aller jusqu'à 40 μ.

La farine de féverolles contient, en outre, des débris plus ou moins gros de tissu cotylédonnaire, formés de cellules polygonales, à parois très épaisses et laissant entre elles des méats assez apparents. Le plus souvent ces cellules sont vides et

montrent de fines ponctuations ; quelquefois elles renferment des grains d'amidon, disséminés dans une matière azotée finement granuleuse.

M. Donny recommande le procédé suivant pour déceler la présence de la farine de féveroles ou de vesces : on étale sur le bord d'une capsule, un peu de pâte faite avec la farine à essayer; on verse sur le fond de la capsule un peu d'acide azotique qu'on chauffe, de manière à faire passer les vapeurs acides sur la pâte ; on la soumet ensuite à l'action de vapeurs ammoniacales. La farine de froment, dans ces conditions, devient jaunâtre, tandis que les farines de féveroles et de vesces prennent une coloration pourpre.

Une addition de farine de féveroles à la farine de froment augmente la proportion des cendres de cette dernière, car la farine de féveroles contient 3 p. 100 de matières minérales. Enfin Frésénius a montré que la farine de légumineuses était riche en chlorures et en phosphates tribasiques, non modifiés par l'incinération.

Fécule de pommes de terre. — La fécule de pommes de terre, en mélange avec la farine de blé, se reconnaît très aisément au microscope. Les dimensions des grains de fécule oscillent entre 35 et 45 μ de long sur 25 μ de large, mais les gros grains peuvent atteindre 60 μ et les petits 6 à 10 μ. Ces grains (fig. 123) sont, en général, larges, de forme ovale, souvent triangulaire ; ils ont presque tous un hile apparent, et montrent souvent des couches concentriques. Ils sont presque toujours isolés, mais quelquefois réunis par deux ou trois.

Si la recherche qualitative des farines étrangères ajoutées à la farine de blé a une grande importance, il est également indispensable de pouvoir au moins estimer suivant quelle proportion les mélanges ont été faits ; aucun procédé ne peut sur ce point donner une précision absolue. On peut cependant arriver à une approximation assez grande en employant la méthode indiquée par M. Arpin, méthode qui consiste à préparer à l'avance, avec des produits d'une pureté non douteuse, des mélanges de farines de riz, de maïs, de seigle, etc., avec une même farine de froment pure. On constitue ainsi des séries en faisant varier la proportion de la farine ajoutée, et on procède

à l'examen, comme il a été indiqué, en faisant plusieurs observations pour chacune des couches du dépôt. On conçoit cependant que, pour arriver à reconnaître à l'examen microscopique le taux du mélange, il faille à l'observateur une grande pratique de ce genre d'analyses.

En outre, les produits livrés par le commerce ne sont jamais d'une pureté absolue, et on peut trouver dans une farine de froment une certaine quantité de farines étrangères, sans qu'il y ait eu cependant véritablement fraude. Notamment pour la farine de seigle, on importe en France des blés qui contiennent normalement jusqu'à 10 p. 100 de seigle ; le nettoyage ne pouvant tout éliminer, on retrouvera par conséquent, dans la farine de blé, de la farine de seigle qui n'aura pas été ajoutée frauduleusement, mais qui dans les belles farines ne devra pas dépasser une proportion de 2 p. 100. De même pour le riz et pour le maïs, on ne doit guère conclure à une fraude que si on trouve une proportion de ces farines dépassant 1 p. 100. M. Arpin signale même que la farine de fèves peut être fraudée par l'addition de doses massives de farine de riz, 30 à 40 p. 100, et que l'emploi de ces farines, en dose licite, pour le mélange à la farine de froment, ajoute à cette dernière une proportion de farine de riz de 1 p. 100, sans que la farine de froment ait été, à proprement parler, fraudée. Du reste, pour que la fraude soit réellement avantageuse, elle est le plus souvent pratiquée dans les limites de 3 à 10 p. 100.

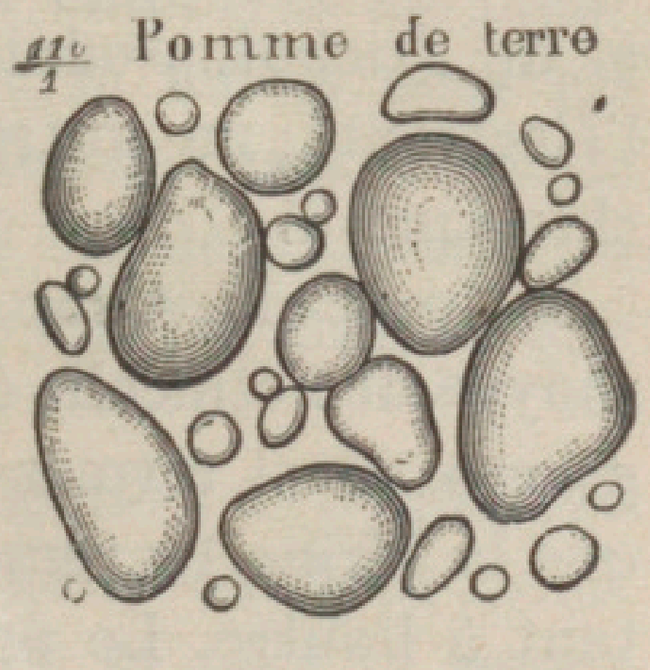


Fig. 123. — Amidon de la pomme de terre.

BLANCHIMENT DES FARINES

Nous avons vu, en décrivant les procédés employés par la meunerie, que la grande préoccupation qui guidait les meuniers était d'obtenir cette farine de couleur absolument blanche, réclamée de plus en plus par la consommation. Vers 1904, on

a vu apparaître dans l'industrie différents procédés qui se proposaient de blanchir artificiellement les farines, de manière à obtenir un pain encore plus blanc, plus blanc même que n'en pourrait jamais donner une farine non traitée, qui offrira toujours la coloration crème, naturelle à la farine la plus pure. Ces procédés de blanchiment artificiel agissent en faisant passer sur la farine des produits gazeux contenant, ou non, en mélange de l'ozone et du peroxyde d'azote ; deux systèmes, ceux d'Alsop et de Frichot, produisent les agents décolorants, au moyen de l'électricité; un autre, celui d'Andrews, les produit par voie chimique.

Le procédé Alsop décompose l'air dans un espace clos au moyen de l'étincelle électrique ; une pompe appelle les produits gazeux ainsi formés et les conduit dans un cylindre rotatif, que la farine traverse, entrant à l'une des extrémités et sortant à l'autre. Le procédé Frichot est analogue : les produits gazeux sont envoyés dans une chambre close, dans laquelle la farine est amenée et tombe en pluie fine. Le procédé Andrews produit du bioxyde d'azote, en faisant réagir de l'acide azotique sur du sulfate de fer ; le bioxyde d'azote, au contact de l'air, se transforme aussitôt en peroxyde d'azote. Au moyen d'un soufflet, on produit un courant d'air qui entraîne le gaz formé dans un cylindre rotatif, incliné, dans lequel passe la farine à blanchir.

Outre l'amélioration de la qualité de la farine, ces procédés de blanchiment devaient également opérer une stérilisation. Le Syndicat de la Boulangerie de Paris, voulant se rendre compte de la valeur réelle du blanchiment, a chargé, en 1905, M. Arpin d'étudier les farines ainsi traitées. Les conclusions du rapport, présenté au Syndicat, furent les suivantes :

« Le blanchiment des farines de première qualité, qu'il soit effectué par les procédés Andrews, Alsop ou Frichot, fournit le même résultat final.

« Il détruit ou atténue fortement la matière colorante jaune de la farine, et lui enlève la teinte jaune crème clair, qu'elle possède ordinairement, pour lui substituer un ton blanc légèrement bleuté ou grisâtre.

« Le blanchiment n'influe en aucune façon sur la composi-

tion chimique de la farine. Il ne lui enlève pas d'humidité. Il n'augmente ni la teneur en azote, ni la richesse en gluten, et laisse intactes les propriétés de celui-ci.

« Les teneurs en matières grasses et en acidité ne sont en aucune façon modifiées, bien que le blanchiment semble porter son action uniquement sur la matière grasse.

« Les diastases ou ferments solubles contenus dans la farine ne sont nullement influencés par les gaz employés au blanchiment ; l'activité diastasique reste donc la même pour les farines blanchies que pour celles qui ne le sont pas. L'ozone et les gaz nitreux, utilisés dans la pratique du blanchiment des farines, n'ont aucune action stérilisatrice sur les germes que renferment celles-ci.

« Le travail des pâtes au cours de la panification ne donne lieu à aucune observation spéciale. Il se fait également bien avant ou après blanchiment ; la farine n'absorbe ni plus ni moins d'eau. Le pain obtenu présente le même aspect extérieur de croûte ; seule la nuance de la mie est très sensiblement modifiée, sans qu'il en résulte pour cela une amélioration. Les pains faits de farines blanchies sont moins sapides, moins agréables au goût que ceux faits de farines non blanchies. Ils ne rassissent ni plus ni moins vite que les autres, ils ne s'émiettent pas davantage. Leur couleur seule les fait différencier nettement.

« Nous nous croyons donc fondés à dire : que le blanchiment des farines ne constitue pas un progrès en meunerie, puisqu'il ne produit aucune amélioration de la matière première dont puisse bénéficier le boulanger ou le consommateur. Il ne fait que transformer la couleur blanc jaune de la farine en une teinte blanche, légèrement azurée, beaucoup moins agréable et beaucoup moins appréciée d'ailleurs dans les pains, que le blanc jaune courant ;

« Que la boulangerie n'a aucun avantage à employer des farines blanchies et que, à plus forte raison, elle ne doit pas les acheter à un prix supérieur aux autres. »

L'action du peroxyde d'azote, qui est le véritable agent actif du blanchiment, se porte sur les matières grasses à laquelle il se fixe par addition, comme le montre la diminution des

indices d'iode, observée sur la matière grasse des farines blanchies. On peut déceler la présence de farine blanchie d'après le procédé indiqué par M. Fleurent :

On extrait au moyen de benzine la matière grasse de 50 grammes de farine suspecte ; on évapore le dissolvant à basse température, et on redissout l'huile dans 3 centimètres cubes d'alcool amylique ; on transvase dans un tube à essai, et on ajoute 1 centimètre cube d'alcool, contenant 10 grammes de potasse par litre. Dans le cas d'une farine blanchie, la coloration jaune passe au rouge orange, d'autant plus foncé qu'il y a dans la matière grasse plus de peroxyde d'azote. La réaction est très sensible et permet de déceler l'addition de 5 p. 100 de farine blanchie, à la farine ordinaire.

CONSERVATION DES FARINES

On a vu précédemment quelles altérations peuvent se produire dans les farines par suite d'une mauvaise conservation ; il faut donc examiner les procédés que l'on peut employer pour permettre aux farines d'attendre le moment de leur emploi.

La farine peut être emmagasinée, soit en tas, soit en sacs. Le premier procédé conserve la farine « en rame ou en garenne », lorsque la marchandise est répandue sur le plancher du magasin. Dans le premier cas, la farine n'est blutée qu'au bout d'un mois et demi ; dans le second, on blute avant la formation des tas, qu'on remue ensuite plus ou moins souvent.

Ces deux procédés sont défectueux, car la farine risque d'être souillée par les poussières et elle est exposée aux ravages des animaux, des rats notamment.

La conservation en sacs supprime une partie des inconvénients précédents ; les sacs peuvent être ou non empilés les uns sur les autres. Quand les sacs sont empilés, les parties des sacs en contact sont privées d'air, et la farine risque de s'échauffer, et de se pelotonner ; si le séjour en magasin doit être d'assez longue durée, il faut avoir soin de défaire les tas de temps à autre, et de retourner les sacs. Il est bien pré-

férable, quand on le peut, de placer les sacs isolés, de manière que l'air puisse librement circuler tout autour pour éviter tout échauffement. Si la conservation est assez facile pendant les mois d'hiver, elle est plus difficile dès que le printemps arrive ; les farines étant plus sujettes à fermenter pendant les mois chauds. Les magasins devront toujours être bien secs ; on constate la température de la farine contenue dans les sacs, en enfonçant un thermomètre, protégé par un tube de fer blanc, percé de trous. Si les farines s'échauffent, on peut faciliter la circulation de l'air dans les sacs en pratiquant des cheminées d'aération à l'aide d'un arbre de fer. Si on s'aperçoit que la farine pelote, il faut aussitôt vider les sacs, et en laisser le contenu à l'air pendant vingt-quatre heures avant de l'ensacher à nouveau.

La conservation des farines destinées à notre consommation immédiate n'est jamais de très longue durée ; mais le problème se complique lorsqu'il s'agit des farines destinées à l'exportation lointaine, notamment pour les farines que l'on doit transporter dans les colonies. Le seul procédé artificiel de conservation que l'on puisse employer est basé sur la dessiccation, qui, rendant le milieu impropre à tout développement microbien, permet à la farine de se conserver parfaitement. La dessiccation de la farine présente certains inconvénients, qui rendent délicate l'application de la méthode. Le gluten, porté à une température trop élevée, se coagule et perd ses propriétés élastiques : il ne peut plus lever pendant la fermentation panaire ; en second lieu, l'amidon chauffé en présence d'eau se transforme en empois, la farine s'agglomère et ne peut plus reprendre suffisamment d'eau au cours du pétrissage ; enfin la farine chauffée prend une teinte jaune, plus ou moins prononcée, désagréable.

Parmi les appareils qui ont été proposés pour la dessiccation ou pour l'étuvage des farines, nous citerons celui qui a été inventé, vers 1860, par Charles Touaillon fils. L'inventeur a remarqué que, la teneur moyenne de la farine en eau étant de 14 p. 100, il suffisait d'enlever 6 centièmes d'eau pour avoir une farine, humide encore à 8 p. 100, taux suffisant pour que la farine puisse se conserver parfaitement ; en outre, on

peut chauffer la farine à une température suffisante, et éviter cependant toute formation d'empois, à la condition d'opérer un chauffage progressif et de n'appliquer des températures élevées qu'à un produit déjà partiellement desséché ; l'empois d'amidon se formant d'autant plus facilement, à température plus basse, que la proportion d'eau est plus forte. Il faut enfin éviter de faire le chauffage dans des locaux hermétiquement clos, parce que la vapeur, qui se dégage, se condense sur les parois des chambres, retombe sur la farine, en produisant de petits pâtons.

L'étuve de M. Touaillon comprend cinq plateaux superposés en tôle galvanisée, de forme circulaire, ayant 2 mètres de diamètre, et munis d'un double fond. Une conduite amène de la vapeur dans ces doubles fonds, et un robinet, dont chaque plateau est muni, permet de régler la température, contrôlée au moyen d'un thermomètre. La température va en croissant du plateau supérieur au plateau inférieur, dans l'ordre suivant: 40°, 50°, 60°, 70° et 80°, limite qu'il ne faut jamais dépasser. La farine est amenée au centre du plateau le plus élevé ; elle est étalée sur la surface chauffée, au moyen d'un râteau à quatre branches, monté sur un arbre vertical qui traverse tout l'appareil et qui est animé d'un mouvement de rotation au moyen d'un engrenage à roues dentées, placé à la partie inférieure. Les bras du râteau sont munis de palettes excentriques, partie en peau de buffle et partie en bois garni de poils de sanglier. La disposition des palettes est telle que la farine, déversée au centre du plateau, soit poussée vers la périphérie, où elle rencontre une ouverture, par laquelle elle tombe sur le second plateau. Sur ce plateau tourne, comme sur le premier, un râteau à palettes, mais dont la disposition est l'inverse de la disposition précédente, de telle sorte que la farine chemine maintenant de la périphérie vers le centre : là, par une ouverture, elle tombe au centre du troisième plateau et ainsi de suite, de plateau en plateau, jusqu'à la partie inférieure. La farine sortant chaude doit être conduite dans une chambre, où elle puisse se refroidir avant d'être mise en sacs. Si on veut aller plus vite et refroidir la farine immédiatement, on peut faire fonctionner le cinquième plateau comme un

réfrigérant, en envoyant, dans son faux fond, au lieu de vapeur, de l'eau froide. Le rendement de l'appareil est de 400 à 600 kilogrammes de farine par heure. L'eau évaporée pendant la dessiccation partielle est fixée à nouveau pendant le pétrissage de sorte que le rendement en pain n'est pas différent avec une farine étuvée de ce qu'il est avec une farine ordinaire.

Plus récemment, M. Fleurent a montré que la coagulation du gluten pendant le chauffage était due à la présence de l'eau, et qu'on pouvait l'éviter en enlevant une partie de l'eau, à basse température, avant le chauffage. On obtient alors des farines à faible teneur en eau, qui peuvent supporter des températures très élevées : si une farine à 9 p. 100 d'eau peut être chauffée à 80°, la farine à 6 p. 100 d'eau peut supporter 105°, la farine à 3 p. 100 d'eau 112°, et enfin la farine sèche peut sans inconvénients, ni pour le gluten, ni pour la coloration, rester une heure à 115°. La dessiccation des farines est faite alors dans un vide partiel, sans qu'il soit nécessaire de dépasser une dépression de $0^m,60$ à $0^m,65$ de mercure; et on peut ensuite porter le produit desséché à une température suffisante pour détruire tous les œufs des parasites, toutes les larves, pour obtenir, en un mot, des farines stériles. Ces farines sont pétries, naturellement, avec une quantité d'eau supérieure à la quantité ordinaire, et avec de l'eau plus froide que s'il s'agissait d'une farine non traitée, car l'hydratation du gluten dégage assez de chaleur pour relever suffisamment la température de la pâte.

CHAPITRE X

LE PAIN
PRÉPARATION DE LA PATE PAR LE PÉTRISSAGE A BRAS ET PAR LE PÉTRISSAGE MÉCANIQUE

DÉFINITIONS

Le pain, tel que nous le consommons, est le produit qui résulte de la cuisson d'une pâte dans la composition de laquelle entrent de la farine, de l'eau, du sel et du levain ; ce dernier étant pris soit sous forme de levain proprement dit, c'est-à-dire de pâte en pleine fermentation, soit sous forme de levure. Ces différentes substances sont pétries les unes avec les autres, de manière à constituer un produit bien homogène ; et ce dernier, après que la fermentation l'a fait gonfler ou lever suffisamment, subit enfin la cuisson dans un four convenablement chauffé. Nous réservons le mot de pain pour désigner le produit obtenu exclusivement avec la farine de froment ; on emploie aussi des farines d'autres céréales pour la préparation de pains, mais on doit faire entrer dans la dénomination de ces derniers le nom de la farine qui a été employée : le pain de seigle est obtenu avec un mélange de farine de seigle et de farine de froment ce pain porte encore le nom de pain de méteil. Certains pains spéciaux recoivent, en outre des éléments principaux, du beurre, des œufs, des amandes, des noix, des noisettes, des fruits, des raisins secs, des colorants, etc. On prépare enfin, pour l'usage des diabétiques, sous le nom de pain de gluten, un produit qui renferme principalement la matière azotée du froment ; ces pains doivent contenir au minimum 60 p. 100 de gluten, et au maximum 25 p. 100 de matières sucrées, ou saccharifiables ; le tout étant rapporté au pain sec.

HISTORIQUE

Les origines de la boulangerie sont mal connues; au début, sans doute, les grains des céréales étaient consommés en nature, sans préparation ; et, si l'on juge de ce qui se passait dans les temps reculés par ce qui se passe encore de nos jours chez les peuplades peu civilisées, les épis étaient parfois consommés en pleine sève. Le fait est rapporté par les explorateurs qui ont parcouru le centre de l'Afrique.

Les anciens ont longtemps consommé les grains cuits sous la forme de bouillie. Pline rapporte ce fait dans son histoire naturelle. « Les Romains commencèrent par manger le blé, comme nous mangeons le riz, c'est-à-dire sans fermentation préalable, et après l'avoir simplement bouilli dans l'eau. »

Toutefois, la fabrication du pain, au vrai sens du mot, est extrêmement ancienne, puisqu'elle était connue des Égyptiens. La Genèse parle de pain, et de faire cuire des pains sous la cendre. Les pains des Égyptiens et des Hébreux étaient préparés avec ou sans l'aide du levain, ce dernier ayant été découvert sans doute par l'effet du hasard. Les Grecs et les Romains ne connurent pendant longtemps le levain que de nom : « L'expédition de Macédoine contre Persée (588 de la fondation de Rome), dit Pline, fit connaître aux Romains le procédé de panification que les Grecs avaient eux-mêmes emprunté à l'Égypte; le peuple conquérant s'étant fait suivre en Italie par des boulangers macédoniens, ces derniers fondèrent à Rome le collège des boulangers. C'est alors seulement que les Romains eurent à leur disposition des *pistores* ; car leurs pères faisaient eux-mêmes leur pain, ou ce qui en tenait lieu. Cette confection était la besogne des femmes, comme elle l'est encore dans plusieurs nations. »

Les fouilles exécutées par les archéologues ont permis de retrouver quelques échantillons des pains de l'antiquité (1). Les plus connus sont les pains de Pompéi. Ces pains, découverts en 1862, ont été décrits et analysés par de Luca. Ils se présentent sous la forme d'un charbon poreux, renfermant de

(1) Étude sur quelques pains anciens, par M. L. Lindet.

2,6 à 2,8 p. 100 d'azote, à l'état d'azote cyanique, capable de fournir par la chaleur sèche de l'indol, de la pyridine ou du paracyanogène. Dans ces pains, toute trace d'amidon, de cellulose a disparu ; l'hydrolyse ne fournit aucune substance sucrée réductrice ; il reste cependant des matières ulmiques. On trouve dans ces débris la présence de chlorures : les Romains ajoutaient du sel à la pâte de leurs pains.

Les stations lacustres ont fourni également quelques échantillons de pain, ayant résisté aux incendies qui ont détruit ces stations ; l'un de ces fragments de pain, provenant du lac du Bourget, de teinte légèrement rousse, et peu carbonisé, a nettement montré des débris de grain, dans lesquels on a pu reconnaître des fragments de l'épiderme extérieur de la balle de l'orge.

Les tombes égyptiennes nous ont transmis des pains admirablement conservés, qui étaient destinés à la nourriture des morts ; on a ainsi retrouvé des pains levés et des pains non levés. M. Lindet, qui a examiné deux échantillons de ces pains non levés, a pu retrouver aisément des débris d'enveloppes d'orge. Le gluten de l'orge, n'étant pas, comme nous le savons, doué de propriétés élastiques, ces pains d'orge ne pouvaient pas, par suite, être levés. Les échantillons analysés renfermaient une proportion normale de gluten et d'amidon (11,25 et 11,44 p. 100 de matière azotée ; 68,0 et 65,2 p. 100 d'amidon). L'amidon se présente sous l'état qu'il offre dans les pains cuits : d'une part, à l'état d'amidon soluble et de dextrine ; d'autre part, à l'état d'empois; quelques grains, mais rares, ont résisté à l'action de la chaleur.

Enfin, signalons encore un fragment de pain romain, trouvé en 1856, à Aoste, au lieu dit la Maria. Ce fragment représente le quart d'une miche de 30 à 40 centimètres de diamètre. Ce pain a été transformé entièrement en un morceau de grès, à éléments granitiques, (feldspath et mica blanc) ; mais, au milieu des éléments granitiques, M. Lindet a pu retrouver quelques rares grains d'amidon, non déformés par la cuisson, et qui ont dû à cette particularité de pouvoir résister à l'action des eaux. L'examen microscopique de ces grains a permis de reconnaître que c'étaient des grains d'amidon de froment.

GÉNÉRALITÉS SUR LA FABRICATION DU PAIN

La fabrication du pain, tel que nous le consommons aujourd'hui, comprend plusieurs opérations successives :

Il faut tout d'abord constituer la pâte par le mélange des différents éléments fondamentaux : c'est le *pétrissage*. Cette opération, qui s'est faite si longtemps à la main, tend de plus en plus aujourd'hui à devenir mécanique.

La pâte obtenue, doit subir une légère fermentation, qui s'appelle le *pointage*; puis les pains sont façonnés avec cette pâte; ils reçoivent des formes variables selon les produits qu'il s'agit de préparer, et cette opération porte le nom de *tournage* ; après quoi, on laisse la pâte subir la fermentation véritable qui fera lever les pains pour les rendre poreux.

Enfin ces pains seront cuits, et, après refroidissement, ils seront prêts à être consommés.

Toutes ces opérations, le boulanger les exécute, souvent dans une seule et même pièce, qui porte le nom de *fournil*, et qui est parfois, surtout dans les villes, mal installée en sous-sol, dans une atmosphère échauffée par le voisinage du four. Nous allons passer successivement en revue les différentes phases de la fabrication et nous consacrerons la fin de ce chapitre à la préparation de la pâte.

PÉTRISSAGE DU PAIN

La préparation de la pâte, par les procédés manuels, s'opère dans une grande auge de bois, qui porte le nom de pétrin, de huche, ou de maie. Le pétrin le plus employé dans les boulangeries de Paris et du reste de la France a un fond rectangulaire, et repose sur le sol du fournil par quatre pieds, au moins. La section verticale du pétrin est d'ordinaire de forme trapézoïdale ; parfois cependant elle est rectangulaire.

Les bons pétrins sont confectionnés en bois de chêne de premier choix, très dur et bien sec, sans nœuds ni gerçures.

Les dimensions sont ordinairement les suivantes : la largeur intérieure est au fond de 40 centimètres, et à la partie supérieure de 70 centimètres. La profondeur de l'auge est de 50 centimètres, et le bord supérieur doit se trouver à 85 centimètres du sol ; c'est dire qu'il y a au-dessous du fond un vide de 30 centimètres environ.

Le pétrin (fig. 126) est fermé par un couvercle plat, appelé tour; ce couvercle n'est pas d'une seule pièce; il est, au contraire, formé de deux parties, une grande et une petite, qui forment deux couvercles, placés côte à côte, mais qui peuvent se manœuvrer indépendamment l'un de l'autre. Ces tours sont agencés de manière à pouvoir pivoter contre l'un des grands côtés du pétrin, celui de la face arrière, qui est alors un peu plus haut que le bord de la face antérieure ; les tours se déplacent autour de leur pivot et restent maintenus presque verticalement, de manière à dégager l'intérieur de l'auge. Le bord du pétrin, ainsi surélevé, s'élève à environ 70 centimètres au-dessus du fond. Enfin, l'intérieur du pétrin peut être divisé en deux ou trois compartiments, suivant les besoins du travail, au moyen de planches mobiles, dont le profil représente exactement la coupe verticale de l'auge ; ces planches sont appelées planches à fontaine.

Le corps du pétrin doit être confectionné en doublettes de chêne rainées, collées et assemblées avec des clés et chevillées. Des dosserets en chêne doivent être placés derrière et sur les bouts ; ils sont alors rainés et collés en haut des doublettes, formant le corps. Le fond du pétrin doit être en chêne rainé et collé par parties, dont chacun des bouts entre dans les rainures de profondeur appelées jables, faites dans le bas des doublettes du corps et serrées par des boulons en fer rond avec cales en bois correspondant à la pente des parois. Les pieds doivent être fabriqués en membrures de chêne, assemblées avec les bouts au moyen de rainures et languettes, et fixées par des boulons noyés et calés dans l'épaisseur des doublettes des bouts.

Les tours sont en bois de chêne rainé, collé et assemblé sur la largeur avec des clés chevillées et au bout avec des tenons entrant dans les mortaises pratiquées dans les emboitures de

chaque bout. Chaque tour repose d'une part sur des tasseaux attachés sur la face longitudinale arrière du pétrin et sur le bord de la face longitudinale avant.

Les planches à fontaine, qui servent à diviser l'auge d'une manière temporaire dans sa longueur, sont également des planches de chêne, rainées, collées et assemblées, à clé, à queue d'aronde sur chaque face, et ces clés vont du haut en bas de la planche à fontaine.

Outre ces pétrins de section rectangulaire, on trouve également dans certaines contrées des pétrins ronds, ou plutôt demi-

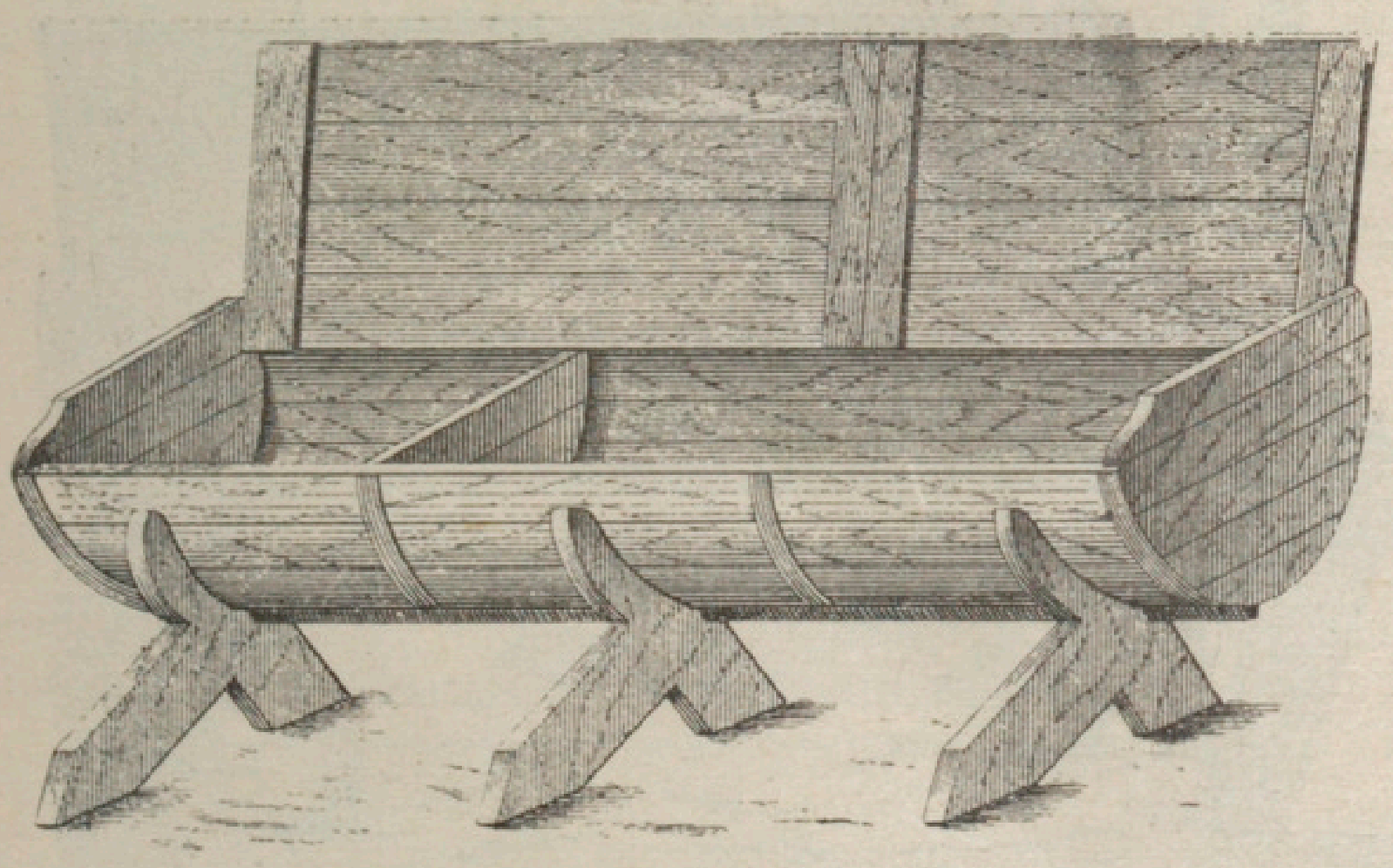


Fig. 124. — Pétrin en bois.

cylindriques (fig. 124). Le corps du pétrin est, comme précédemment, tout en chêne ; il est maintenu au moyen de cercles de fer, qui peuvent être resserrés à volonté. Cette auge est supportée au moyen de pieds en forme d'*x*, fixés au pétrin. Les dimensions habituelles sont de $0^m,75$ de largeur intérieure, et de $0^m,42$ de profondeur ; la hauteur totale sur pieds est de $0^m,80$.

Anciennement les pétrins étaient toujours en bois ; on en construit maintenant de métalliques, en tôle d'acier, de 1 millimètre et demi d'épaisseur, ou bien encore en nickel (bimétal). Ces auges métalliques (fig. 125), de forme hémi-cylindrique, reposent sur des pieds de fonte en *x*. Le bord antérieur est garni d'une moulure en bois dur, sur laquelle viennent reposer les tours. Ces pétrins se font d'une seule pièce, ou avec des

tôles assemblées suivant la longueur; mais alors les rivures doivent être égalisées au moyen d'un polissage , de manière qu'on ne trouve aucune saillie à l'intérieur. La largeur de ces pétrins, mesurée à la partie supérieure, varie de $0^m,61$ à $0^m,68$, la profondeur de $0^m,32$ à $0^m,36$, et la longueur de $1^m,80$ à 3 mètres. Les pétrins métalliques ne s'abîment nullement au contact des pâtes et des levures, comme on le croit parfois ; l'intérieur étant rigoureusement lisse, les ouvriers ne risquent pas de se blesser avec des éclats de bois détachés des planches. Enfin l'usage du pétrin métallique est particulièrement avan-

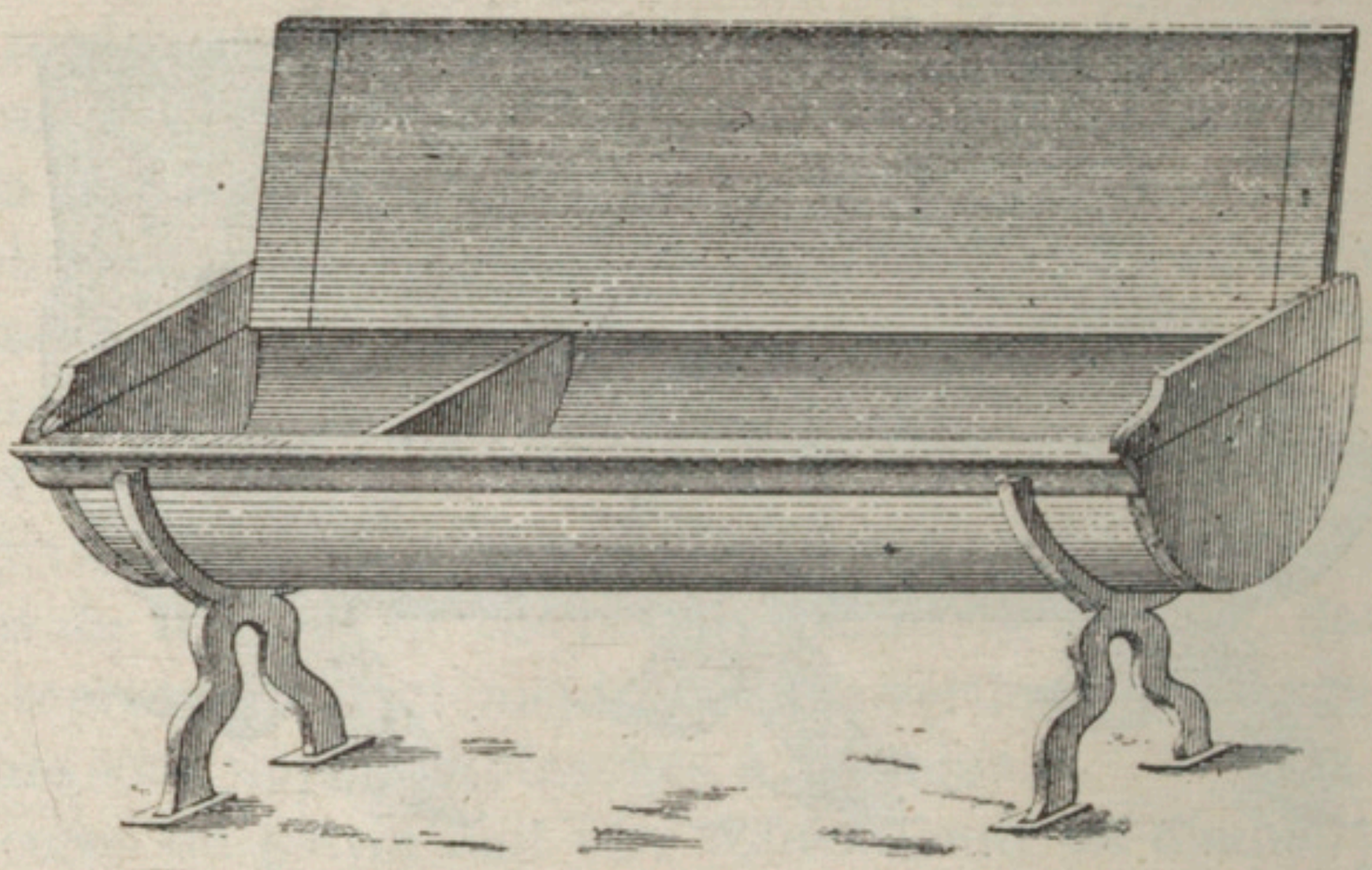


Fig. 125. — Pétrin métallique.

tageux, lorsque le pétrin n'est appelé à servir que d'une manière intermittente, lorsque, par exemple, le boulanger fait usage d'un pétrin mécanique : dans ce cas, les pétrins de bois jouent; les planches n'étant que rarement mouillées se rétractent, et le pétrin peut être inutilisable au moment de l'emploi.

Le pétrin ne sert pas seulement au pétrissage de la pâte ; il sert également à contenir la farine nécessaire pour une fournée, et la pâte terminée qui doit servir de levain pour le pétrissage suivant. Ce levain est isolé à l'une des extrémités du pétrin et maintenu au moyen de l'une des planches à fontaine. La pâte terminée, et qui attend d'être façonnée en pains, est isolée à l'autre extrémité du pétrin, maintenue par une seconde

planche, et dans la partie qui correspond au tour ou couvercle le plus petit. L'espace restant libre, vers la partie médiane, peut servir à loger la farine. Le couvercle du pétrin sert à préserver de toute souillure la pâte ou la farine contenue dans le pétrin; mais le grand tour sert, en outre, de table pour le façonnage des pains, comme nous le verrons un peu plus tard.

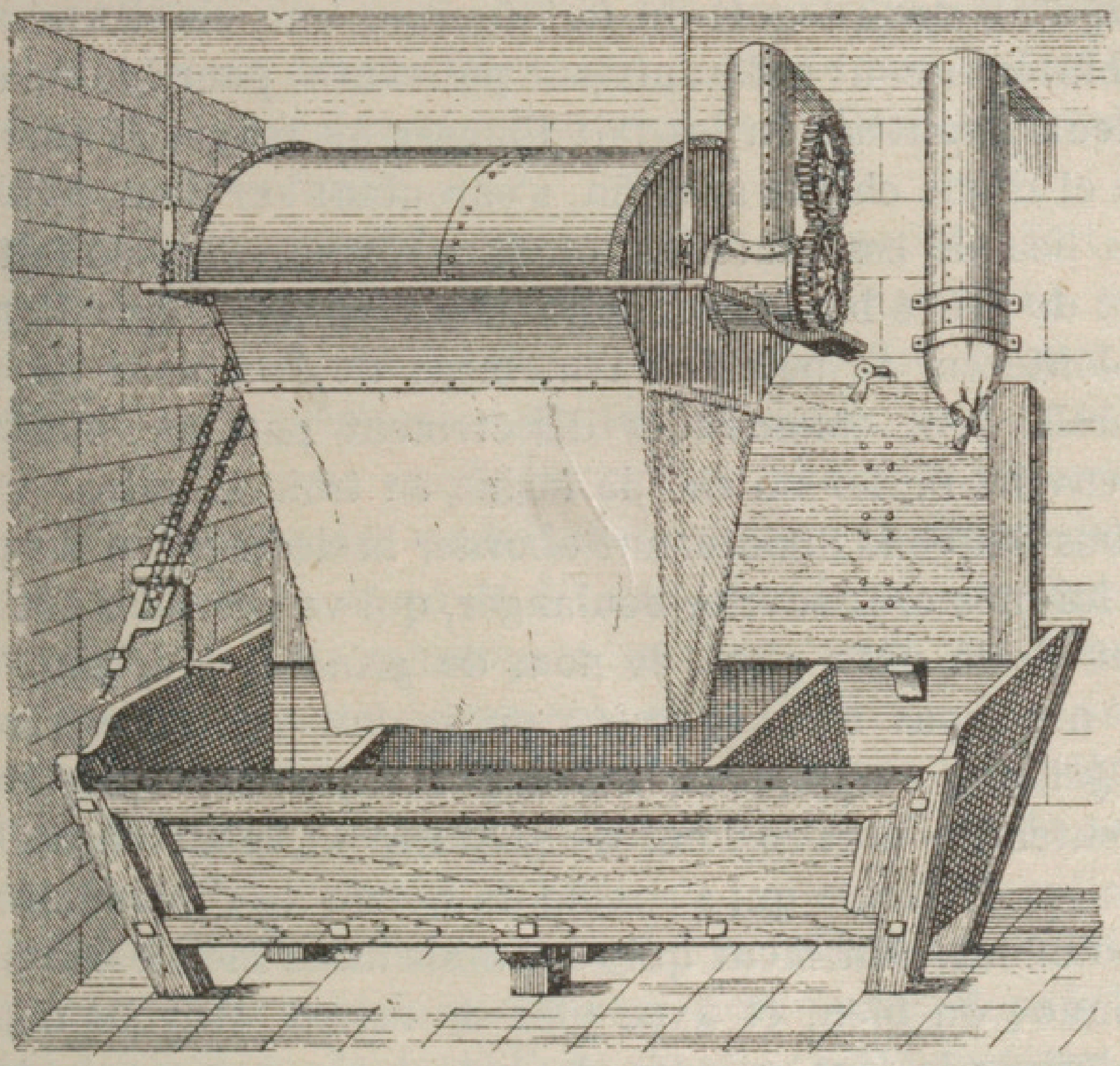


Fig. 126. — Pétrin avec bluterie fixe.

Le boulanger conserve sa provision de farine dans une chambre, d'où la marchandise est amenée directement au fournil, grâce à un tuyau de descente en tôle, portant à sa partie inférieure un bourrelet et un cercle à écrou pour recevoir et maintenir la poche à farine en toile qui permet de fermer le tuyau. Parfois, le tuyau de descente débouche directement dans le pétrin ; souvent aussi, le tuyau déverse la farine dans une petite bluterie (fig. 126) destinée à bien désagréger les pelotes qui ont pu se former, soit dans la chambre du boulanger, soit dans les sacs au cours de la conservation de la

farine. Pour pouvoir installer une bluterie au-dessus du pétrin, il faut disposer au-dessus de ce dernier d'une hauteur de 1^{m},80; cette disposition est la plus avantageuse; la farine blutée est récoltée au moyen d'une large manche de toile et tombe aussitôt dans l'auge. Quand l'arrivée de la farine ne peut pas se faire, pour une raison ou pour une autre, dans la bluterie même, on est obligé de disposer un tuyau de raccord, horizontal, dans lequel on fait tourner une vis d'Archimède. Ces bluteries sont suffisamment puissantes pour bluter un sac en deux minutes ; on les fait tourner au moyen d'une manivelle et d'une chaîne sans fin, s'enroulant sur deux poulies.

Au lieu de ces bluteries, établies à poste fixe, on fait aussi usage de petits blutoirs mobiles, tout en bois, que l'on pose à volonté sur le pétrin, au moment de l'emploi : ces petits appareils sont commandés directement par une manivelle ; ils peuvent bluter un sac de farine en trois minutes.

Nous pouvons maintenant aborder la description du pétrissage lui-même. L'ouvrier boulanger, qui va procéder à la fabrication de la pâte, porte le nom de *geindre*. L'origine de ce nom n'est pas bien connue : on le fait parfois dériver du mot geindre, se plaindre, à cause du sifflement que l'ouvrier fait entendre tout le long de son travail, pour empêcher la poussière de farine qui s'envole du pétrin de s'introduire dans ses poumons, sifflement qui ressemble assez bien à une plainte continue ; ou bien, et avec plus de raison, croyons-nous, on fait dériver le mot geindre du mot latin *junior* : le travail de la panification était fait par deux ouvriers ; l'un le plus jeune, le *junior*, et par conséquent le plus robuste, était chargé du travail le plus pénible, tandis que l'autre, le plus âgé, le *senior* était plus particulièrement chargé de la cuisson des pains.

Le travail peut se faire de deux façons, suivant la manière dont on veut introduire dans la pâte le ferment destiné à la faire lever. On peut travailler sur levain ou sur levure, ce dernier mode de travail étant plus particulièrement important dans la panification viennoise. Nous supposerons pour le moment que nous sommes en plein travail, que le levain a été préparé ; nous reviendrons plus en détail sur ce point dans le chapitre

suivant ; et nous décrirons le travail du pétrissage en supposant un travail sur levain, travail qui est de beaucoup le plus répandu chez nous.

Le geindre a donc dans son pétrin, à l'une des extrémités, le levain, masse de pâte en pleine fermentation dont la proportion, par rapport à la quantité de pâte qu'il s'agit de préparer, est variable, mais représente environ un tiers. A l'autre extrémité de l'auge, est le tas de farine, et entre les deux se trouve un espace libre, qui porte le nom de fontaine. C'est dans cette fontaine que l'ouvrier verse l'eau nécessaire à l'hydratation de la farine.

L'eau employée pour la préparation de la pâte doit être aussi pure que possible ; certaines eaux, notamment celles données par les puits sont très crues, c'est-à-dire qu'elles renferment une forte proportion de sels de chaux, sulfate et carbonate. Si on ne peut employer qu'une eau très impure, on peut se débarrasser des carbonates calcaire et magnésien en faisant bouillir l'eau et en la filtrant ensuite sur du charbon. Boussingault a fait remarquer que les eaux trop pures, comme certaines eaux de source, qui ne contiennent pas ou presque pas d'acide carbonique, sont peu aptes à la préparation d'un bon pain, comme si la présence de cet acide carbonique favorisait la levée de la pâte.

La température de l'eau employée au pétrissage n'est pas indifférente. Dans certaines contrées, notamment dans le Midi, on a tendance à employer de l'eau chaude ; cette pratique n'est pas bonne, car la chaleur agit sur la qualité du gluten, et, si elle est excessive, elle donne une pâte *grasse* qui s'amollit et s'affaisse. La température de l'eau doit varier selon les saisons : elle doit être plus élevée en hiver qu'en été ; souvent les boulangers se règlent d'après une loi, toute empirique, mais dont l'application donne de bons résultats : on mesure la température de la farine, on mesure également la température de l'atmosphère du fournil ; on additionne les deux nombres trouvés et on les retranche du chiffre 60. La différence donne la température à laquelle l'eau doit être versée dans le pétrin.

L'eau est échauffée, selon les besoins, dans une chaudière (fig. 127), vaisseau en cuivre d'une contenance de 100 à 120 litres,

qui est installé à côté du four ; à la partie inférieure, un robinet permet de faire couler l'eau chaude dans un petit vase de fer battu, qu'on appelle le bassin (fig. 128), dont les dimensions sont d'environ $0^m,27$ de diamètre sur $0^m,22$ de haut, et qui est muni d'une ou de deux anses. Ce bassin sert à mesurer l'eau qui est employée pour chaque pétrissée.

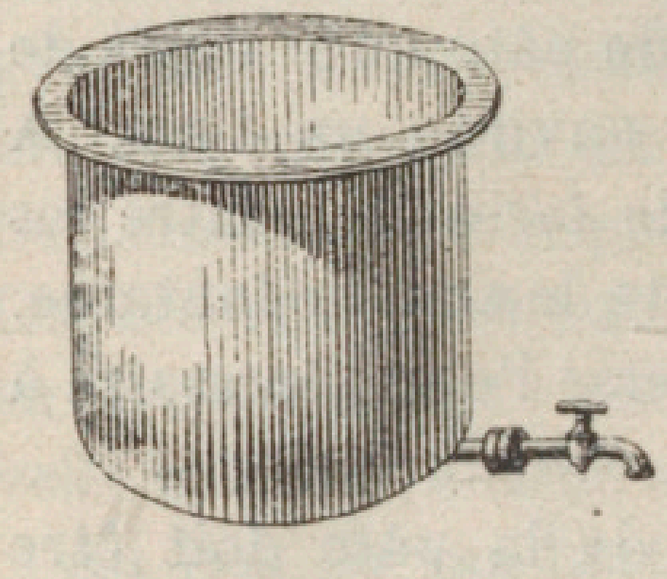


Fig. 127.— Chaudière.

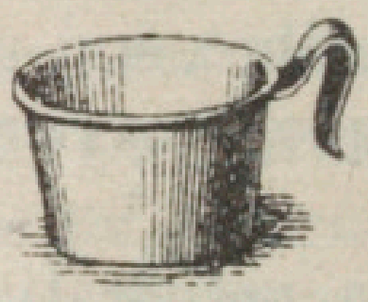


Fig. 128. — Bassin.

La quantité d'eau nécessaire au pétrissage est variable, suivant la nature de la pâte que l'on se propose de faire, selon qu'elle doit être plus ou moins ferme, et suivant également la qualité de la farine ; nous avons vu que, lorsque le gluten était de bonne qualité, il absorbait une proportion d'eau plus élevée que lorsqu'il était de qualité inférieure ; par suite les bonnes farines exigeront pour leur panification une quantité d'eau plus élevée que les mauvaises. On peut dire que, approximativement, une bonne farine absorbe le tiers de son poids d'eau ; les farines inférieures absorbent seulement un quart. Du reste, dans les boulangeries, l'habitude s'est établie, pour faire une quantité donnée de pâte, de mesurer la quantité d'eau qu'on verse dans le pétrin, et de ne pas peser la farine que l'on employe ; l'ouvrier ajoute à l'eau la quantité de farine nécessaire pour obtenir la consistance voulue ; l'expérience du geindre lui sert seule de guide.

On distingue trois sortes de pâtes : la pâte ferme, la pâte bâtarde et la pâte douce. La pâte ferme est moins employée que les autres ; comme elle forme une masse très compacte, qui ne peut fermenter que lentement et difficilement, il faut employer, dans cette fabrication, une forte proportion de levain. La pâte mi-ferme ou bâtarde est celle qui est la plus employée à Paris : c'est elle qui convient le mieux à la confection des diverses formes de pains qui y sont en usage. La pâte douce est la plus difficile de toutes à préparer : elle aboutit à la préparation des pains dits mollets, pains très légers, très

levés, dans la composition desquels doivent entrer par conséquent les farines les plus riches en gluten.

L'eau étant disposée dans la fontaine du pétrin, à la température voulue, entre le levain, séparé par une planche, et le tas de farine, on ajoute le sel (sous forme de gros sel) destiné à saler la pâte, en proportion variable suivant les contrées en France, on ajoute le plus souvent 250 à 300 grammes de sel pour 100 kilogrammes de farine. Parfois, au lieu de faire dissoudre le sel dans l'eau, au commencement du pétrissage, on fait la dissolution dans une petite quantité d'eau, qu'on ajoute à la pâte vers la fin de l'opération, en opérant ce que l'on appelle un bassinage.

Le geindre ajoute dans l'eau, également à ce moment, une certaine quantité de levure, destinée au rajeunissement des levains; cette addition ne se faisant pas à chaque pétrissée, mais seulement de temps à autre. Le sel fondu, et la levure délayée, le geindre retire la planche qui isolait le levain et procède au *délayage du levain*, en découpant ce dernier entre ses doigts. Il se forme de cette manière une pâte liquide qui doit être homogène, sans présenter de grumeaux, et que l'on épaissit ensuite peu à peu, en lui incorporant de la farine prélevée sur le tas : *c'est le délayage de la farine*, poursuivi jusqu'à ce que la masse ait atteint la consistance convenable. C'est là en quelque sorte un travail préparatoire, auquel va succéder aussitôt le travail de la pâte elle-même, le véritable pétrissage.

Le pétrissage a pour but d'hydrater à fond tout le gluten contenu dans la farine et de souder les unes aux autres toutes les particules de ce gluten, de manière à obtenir enfin de compte une masse absolument homogène ; cette masse de pâte devant, en outre, devenir le siège d'une fermentation dont l'agent actif est représenté par la levure, microorganisme aérobie, c'est-à-dire qui a besoin pour vivre et se reproduire, de la présence de l'oxygène de l'air, il faudra que, pendant son travail, le geindre aère suffisamment la pâte, emprisonne dans cette pâte la quantité d'air nécessaire pour obtenir une bonne levée. Le but que l'on poursuit au cours du pétrissage est donc complexe, et comme, d'autre part, la masse de pâte, contenue

dans le pétrin, représente un poids assez considérable de 150 kilogrammes environ, le geindre ne peut pas obtenir la pâte parfaite par une seule opération et en travaillant toute la masse à la fois. On distingue donc dans le travail du pétrissage plusieurs phases successives, mais qui, à la vérité, se remplacent l'une l'autre sans interruption.

C'est tout d'abord le *frasage ou la frase* : Le geindre, se plaçant à l'une des extrémités du pétrin, et obliquement par rapport à ce pétrin, plonge entièrement ses avant-bras dans la pâte, soulève une partie de la masse et la repose dans le pétrin, après avoir pivoté sur lui-même : les parties de pâte qui se trouvaient dans la région antérieure du pétrin se trouvent, à la suite du mouvement, reportés dans la région postérieure, et toute la pâte décrit ainsi un mouvement représenté par une sorte de huit. L'ouvrier avance ensuite d'un pas, recommence la même opération et ainsi de suite, jusqu'à ce qu'il soit arrivé à l'autre extrémité du pétrin ; il se retourne alors et revient sur ses pas en exécutant toujours ce même mouvement du frasage. Le gluten s'hydrate ; la pâte prend peu à peu de la consistance, et, pour pouvoir soulever une portion de la pâte sans entraîner en même temps tout le reste, l'ouvrier est obligé de découper la masse, fermant le pouce sur les autres doigts réunis, la main agissant à la façon d'une paire de ciseaux.

Le *soufflage*, que le geindre exécute ensuite, a pour but d'aérer la pâte : l'ouvrier, prélevant une partie de la masse qui se trouve dans le pétrin, l'élève devant lui en formant une sorte de nappe verticale ; puis, la repliant sur elle-même, il la laisse retomber dans le pétrin en s'efforçant d'emprisonner ainsi les plus grosses bulles d'air qu'il lui est possible.



Fig. 129. — Coupe-pâte.

Au cours de son travail, le geindre se sert, pour nettoyer le pétrin, ramasser les fragments de pâte qui restent collés sur ses parois, d'un coupe-pâte (fig. 129), sorte de couteau à lame plate, de forme rectangulaire, emmanchée selon l'un de ses grands côtés dans une poignée arrondie.

Le *bassinage*, qui n'est pas toujours exécuté, consiste à ajouter à la pâte une partie de l'eau, prélevée au début sur la

quantité totale nécessaire ; dans cette eau, on fait dissoudre le sel, quand il n'a pas été ajouté au début ; on pratique à la main plusieurs enfoncements dans la pâte, et, dans ces trous, on verse l'eau, puis on exécute encore le mouvement du frasage. Cette opération du bassinage est exécutée surtout dans la confection des pâtes fermes, pour lesquelles on emploie environ 12 litres d'eau froide par fournée de 150 kilogrammes de pain ; pour les pâtes bâtardes, on emploie seulement 8 litres d'eau pour la même quantité de pâte.

Le *contre-frasage* reproduit encore les mouvements du frasage ; mais ils sont exécutés après que l'ouvrier a encore ajouté dans le pétrin une nouvelle quantité de farine ; la masse est devenue de plus en plus ferme ; il faut opérer toujours maintenant avec découpage, et le geindre doit déployer toute sa force pour arracher la pâte du fond du pétrin où elle colle énergiquement.

La dernière opération que le geindre à exécuter est le *battement ou patonnage*. L'ouvrier découpe entre ses doigts un morceau de pâte, le pétrit un moment, puis, se redressant de toute sa hauteur, il lève la masse de pâte à bout de bras et la rejette avec violence dans le fond du pétrin. Cette opération achève de souder les différentes particules de gluten à elles-mêmes, et a pour effet de donner une pâte tout à fait homogène.

Ici se termine le travail du pétrissage proprement dit ; de la masse de pâte ainsi préparée, une partie, le tiers environ est mis de côté dans un coin du pétrin, pour servir au pétrissage d'une nouvelle fournée ; le reste est abandonné à lui-même, soit dans le pétrin même, soit dans un panier spécial, garni intérieurement de toile. Là la pâte commence à fermenter : elle *pointe* ou *entre en levain*, pendant un temps plus ou moins long, jusqu'à ce que l'ouvrier la reprenne à nouveau pour opérer le façonnage des pains.

La *durée du pétrissage* varie naturellement suivant la quantité de farine en travail, et suivant l'ouvrier ; d'expériences faites au Syndicat de la Boulangerie de Paris, il résulte que le temps nécessaire pour obtenir 172^{kg},75 de pâte ferme varie entre vingt-huit et trente-cinq minutes.

INCONVÉNIENTS DU PÉTRISSAGE A LA MAIN

Le mode de préparation de la pâte à bras, tel que nous venons de le décrire, n'est pas sans présenter de graves inconvénients, et pour le geindre lui-même, et pour le consommateur.

En premier lieu, le travail que l'on demande au geindre d'effectuer est très considérable. Des constatations faites au Syndicat de la Boulangerie de Paris, au cours d'expériences dont il sera parlé plus loin un peu plus en détail, ont permis de relever, d'une part, le nombre des mouvements et des efforts que doit exécuter l'ouvrier au cours d'une pétrissée, et, d'autre part, la perte de poids du geindre. Cette perte a lieu par les poumons qui rejettent de la vapeur d'eau et du carbone sous forme d'acide carbonique, et par la peau qui laisse échapper de la sueur dont une partie s'évapore, tandis que l'autre ruisselle sur les membres de l'ouvrier. Les résultats obtenus ont été les suivants :

	Première pétrissée.	Seconde pétrissée.
Temps utile consacré au travail (minutes).....	28	35
Nombre de mouvements employés pour sectionner la pâte.....	97	90
Nombre d'efforts employés pour soulever la pâte.....	342	346
Perte en poids de l'ouvrier (grammes).	200	340

Le nombre des efforts effectués est de 10 à 12 par minute ; la trajectoire, décrite par les mains de l'ouvrier, représente deux fois $0^m,40$, tout à fait au début du travail, et deux fois $0^m,82$, dès que la pâte oppose une grande résistance ; cela fait une trajectoire totale de 400 mètres environ, que les mains du geindre doivent décrire dans le plan vertical pour effectuer le travail soumis à l'expérience, c'est-à-dire la préparation de $172^{kg},75$ de pâte ferme. Le travail mécanique minimum, nécessaire pour la préparation de cette quantité de pâte, pouvant être évalué à 20 000 kilogrammètres, la puissance mécanique moyenne que doit fournir l'ouvrier est, par seconde,

en kilogrammètres, de 11,9 dans le premier cas et de 9,5 dans le second.

Il faut ajouter que l'ouvrier boulanger exécute plusieurs pétrissées de suite, et que son travail est exécuté souvent dans de mauvaises conditions hygiéniques. Tout d'abord la disposition du fournil laisse parfois bien à désirer comme aération, et le voisinage du four entretient dans la pièce une température assez élevée, qui, jointe à l'élévation de température que produit déjà par elle-même la violence des efforts exécutés, détermine cette sudation dont nous avons mesuré plus haut l'importance.

En second lieu, l'atmosphère du fournil est toute remplie de poussière de farine, farine que les mouvements du pétrissage ont fait s'envoler du pétrin, et cette farine, mélangée à l'air, pénètre dans les poumons de l'ouvrier, produisant à la longue les désordres, les lésions les plus graves. C'est pour se protéger autant que possible contre l'introduction de ces poussières dans ses poumons que le geindre siffle sans cesse, comme nous le faisions remarquer un peu plus haut.

Enfin, il faut encore observer que ce travail pénible est encore exécuté de façon anormale, en ce sens que c'est un travail de nuit ; c'est la nuit que la pâte doit être pétrie et cuite, afin que le consommateur puisse avoir son pain frais, le matin.

Cette fabrication manuelle, déjà si peu hygiénique pour l'ouvrier, ne l'est pas non plus pour le consommateur. Il est déjà peu agréable de savoir que le pain que l'on consomme a été travaillé par des mains et des bras dont la propreté n'est peut-être pas parfaite (nous ne parlons pas ici du pétrissage au moyen des pieds, qui était pratiqué couramment autrefois, qui est encore usité dans certaines contrées du Midi, mais qui est inconnu dans notre région) ; mais il est encore bien plus désagréable de penser que la sueur qui ruisselle sur les membres du geindre s'écoule naturellement dans le pétrin et par suite se trouve mélangée à la pâte elle-même. Outre la question de propreté, on s'est demandé si l'état de choses que nous venons de signaler n'était pas préjudiciable à la santé publique en favorisant la propagation des maladies contagieuses, notam-

ment-de la tuberculose, dont les ouvriers boulangers pourraient être atteints. M. le Dr A. Laveran, examinant cette question, la pose ainsi : « Pendant les efforts de la pétrissée, cet ouvrier, toutes les fois qu'il pousse le hem traditionnel, ou qu'il tousse, envoie infailliblement dans le pétrin des particules de salive ou de mucus chargées de bacilles ; ces bacilles incorporés à la pâte restent-ils virulents, après la cuisson du pain? »Sur ce point, il ne faut pas exagérer le danger présenté par l'ingestion de pains, provenant de pâte ainsi contaminée : il résulte de différentes expériences que, en milieu humide, les bacilles de la tuberculose sont tués à 65° en quinze minutes, à 70° en dix minutes, à 80° en cinq minutes, à 90° en deux minutes, à 95° en une minute.

Or, nous verrons que la température du pain pendant la cuisson dépasse ces limites : la croûte atteint 125° à 140° et la mie 100° à 102° ; en outre, la cuisson dure toujours au moins trente minutes.

Pourtant les bacilles tuberculeux, fait observer le Dr Laveran, tués par la cuisson du pain, s'ils deviennent incapables de produire la tuberculose chez ceux qui les ingèrent, ne sont pas pour cela absolument inoffensifs ; ils peuvent provoquer des irritations, des inflammations locales de la muqueuse intestinale. D'autre part, le pain peut être souillé, après sa sortie du four, au cours des manipulations qu'il subit, ou par les poussières provenant de crachats tuberculeux, desséchés sur le sol.

Il faut, heureusement, faire remarquer que la proportion des ouvriers tuberculeux dans les fournils ne doit pas être très considérable ; il paraît *à priori* difficile d'admettre qu'un travail aussi pénible que le pétrissage à bras soit exécuté, fréquemment par des ouvriers phtisiques. M. J. Barral, en 1905 a bien avancé que 70 p. 100 des ouvriers boulangers étaient tuberculeux ; mais cette assertion est en désaccord avec les chiffres de morbidité ou de mortalité tuberculeuse des ouvriers boulangers, qui ont été donnés par Benoiston de Châteauneuf, Lombard, Hannover, Marmisse de Bordeaux, Cless, Kummer. D'après Hannover, la proportion des malades phtisiques aux autres malades est, chez les boulangers, de

5,4 p. 100, et, d'après Kummer, les boulangers comptent, en Suisse, 5,05 décès phtisiques sur 1 000 vivants, moins que les imprimeurs, les horlogers et les tonneliers.

Reste enfin une troisième personne, directement intéressée dans la fabrication du pain : c'est le patron boulanger. Pour lui, évidemment, le pétrissage à bras n'offre pas grand inconvénient, mais cependant son commerce peut souffrir d'un manque imprévu de main-d'œuvre, par suite d'une grève, par exemple, ou pour toute autre raison.

Ces graves défauts que présente l'usage du pétrissage à bras ont été signalés depuis longtemps. Malouin, dans un ouvrage fort intéressant, intitulé l'*Art du boulanger* (1767), décrit les conditions défavorables dans lesquelles les geindres travaillent ; il déplore que la sueur des ouvriers vienne souiller la pâte, et il propose un remède fort simple : il suffira, dit-il, de mettre des serviettes à la disposition des ouvriers ; ils pourront essuyer la sueur qui les couvre, et ainsi la propreté de la pâte sera sauvegardée. Un autre manuel, qui date de 1786, recommande, pour plus de propreté, d'envelopper dans un sac les pieds de l'ouvrier pétrisseur, lorsque ce mode de travail est adopté.

Ces procédés ne pouvaient passer dans la pratique, et le même état de choses défectueux continua d'exister, puisque Payen écrivait dans un rapport de 1852 : « Un jour viendra sans doute où nos descendants, qui liront la technologie du XIXe siècle, se demanderont si réellement, à cette époque de progrès industriel, on préparait le premier de nos aliments par le travail grossier dont nous sommes témoins, en plongeant les bras dans la pâte, la soulevant et la rejetant avec des efforts tels qu'ils épuisent l'énergie des geindres demi-nus et font ruisseler la sueur dans la substance alimentaire. Espérons que le temps est peu éloigné où les nombreux essais, entrepris depuis plus de soixante ans, se résumeront en un procédé pratique, qui améliorera définitivement l'état de choses dans toutes les boulangeries. » Ce procédé pratique auquel Payen fait ainsi allusion, c'est le procédé de pétrissage mécanique, procédé aujourd'hui bien étudié et qui devrait être imposé partout au nom de l'hygiène moderne.

L'emploi du pétrissage mécanique, dont nous verrons dans un instant l'histoire et la réalisation pratique, fut au début combattu par les trois personnages, ouvrier, consommateur et patron, qui auraient dû, au contraire, se féliciter tous trois de sa réalisation. Les ouvriers voyaient d'un fort mauvais œil l'apparition de ces machines qui devaient, pensaient-ils, les priver de leur travail ; ils sont aujourd'hui revenus de leurs appréhensions en les reconnaissant, à l'usage, mal fondées, et en voyant que, si la machine effectuait l'effort mécanique, elle devait cependant être dirigée par une personne bien au courant du travail de la pâte.

Les consommateurs, d'autre part, refusaient de consommer le pain « fait à la mécanique », le croyant nuisible à la santé, et aujourd'hui encore cette méfiance n'a pas complètement disparu du public. M. Lindet rapporte à ce sujet deux anecdotes bien caractéristiques : Voici d'abord un boulanger qui a un pétrin mécanique, mais ce pétrin a dû être installé de nuit, et ne fonctionne pour ainsi dire qu'en secret. « Les clients déserteraient ma boutique, dit le boulanger, s'ils savaient consommer du pain fait à la mécanique. » Un autre boulanger voit un de ses clients l'abandonner : ce client souffre de maux d'estomac, et il attribue ses douleurs, d'après l'avis du médecin, à l'ingestion de pain fait à la mécanique.

Quant au patron boulanger, il faut bien remarquer que c'est lui qui, en définitive, a le rôle sacrifié ; c'est lui qui devra supporter tous les frais : frais d'installation de la machine et de son moteur, frais de force motrice pour le fonctionnement, frais d'assurances contre les accidents, toujours élevés lorsqu'il s'agit d'une industrie mécanique : Le Syndicat de garantie de la Boulangerie de Paris et du département de la Seine assure aux conditions suivantes : 18 francs par ouvrier et par an pour le travail à bras ; 72 francs pour le travail à la mécanique à l'aide d'une force motrice quelconque. Enfin, le boulanger qui adopte le pétrissage mécanique est soumis, pour la patente, à une classe plus élevée que celle imposée au boulanger qui conserve le pétrissage à bras ; il est indispensable qu'un règlement aussi funeste aux progrès de la boulangerie et de l'hygiène soit rapidement modifié. Les seuls

avantages que le patron pourra retirer de l'emploi du pétrin mécanique, ce sera d'abord d'être mis à l'abri d'un manque imprévu et passager de main-d'œuvre, puisqu'il pourra lui-même remplacer ses ouvriers pendant quelques jours, et ensuite la fabrication pourra être conduite d'une manière plus rationnelle.

Avec le nouvel instrument, on pèsera la farine, et on verra alors bien clairement que les farines possédant un gluten de bonne qualité donnent un rendement en pain plus élevé que les farines médiocres. On sera alors conduit à n'acheter que des farines de bonnes qualités boulangères, et, comme ces farines ne coûtent pas plus cher que les autres, on réalisera de ce chef une économie qui permettra d'amortir les frais de l'installation.

En dernier lieu, nous devons encore signaler une cause qui a indirectement retardé la propagation des pétrins mécaniques, cause qui a disparu aujourd'hui, et qui était l'absence d'un moteur convenable pour commander le pétrin. Le moteur employé par la boulangerie doit, en effet, satisfaire à des conditions multiples, au moins pour les boulangeries des villes. Ce moteur doit tenir peu de place, les fournils étant le plus souvent de dimensions strictement mesurées ; le moteur doit être silencieux et sans trépidations : le boulanger, nous le savons, travaille surtout la nuit, et la présence du moteur en marche ne doit pas troubler le repos des habitants de la maison ; le moteur ne doit pas dégager de produits dangereux ou désagréables à respirer, car l'évacuation de ces produits n'est pas toujours aisée, étant donnée la situation des fournils ; enfin le moteur doit être d'un maniement facile et suffisamment robuste pour fonctionner sans « pannes » et sans réparations trop nombreuses, car on ne peut demander au boulanger ni d'être un mécanicien consommé ni d'entretenir un ouvrier spécialiste dans son fournil. C'est l'électricité qui a permis de résoudre ce problème si complexe, et ce sont les moteurs électriques, tels qu'ils sont construits aujourd'hui, qui permettront de répandre l'usage des pétrins mécaniques ; et cela est si vrai que, là où le courant électrique fait défaut, les pétrins mécaniques se font plus rares, comme aussi dans ces petites

villes où le courant est coupé à une certaine heure de la nuit, juste au moment où le boulanger doit commencer ses opérations.

PÉTRISSAGE MÉCANIQUE

Malgré les défauts si graves que présente le pétrissage à bras, malgré les avantages si nombreux que présente le pétrissage mécanique, ce dernier n'est pas encore répandu partout, bien que le mouvement de substitution soit déjà commencé : dans la région de la Haute-Vienne, Indre, Corrèze, Creuse, Dordogne, Vienne, il existe de 50 à 60 pétrins mécaniques ; à Bordeaux, 10 p. 100 des boulangers de la ville ont adopté le pétrissage mécanique ; à Paris, la proportion est à peu près la même : parmi les 2 000 boulangers, on compte environ 200 pétrins mécaniques. Enfin, pour l'ensemble de notre territoire, le nombre des boulangers étant estimé à 50 000, et celui des pétrins mécaniques en fonctionnement à 6 000, il résulte qu'un douzième environ du pain que nous consommons est actuellement fabriqué à la mécanique ; on ne peut que souhaiter au nouveau mode de travail de s'étendre de plus en plus et de remplacer définitivement les anciennes méthodes pénibles et anti-hygiéniques.

Historique (1). — L'idée de préparer la pâte du pain dans un appareil mû mécaniquement, et en dehors du contact immédiat des mains de l'ouvrier, est fort ancienne, puisqu'il faut remonter jusque chez les Romains pour retrouver les vestiges du premier pétrin mécanique connu. M. Lindet l'a relevé, en effet, sur les bas-reliefs qui ornent, à Rome, le monument funéraire du boulanger affranchi Vergilius Eurysaces. Ces bas-reliefs retracent toutes les phases de la fabrication, depuis l'achat du blé jusqu'au défournement des pains cuits. La farine, à la sortie de la bluterie, est dirigée dans le pétrin mécanique, constitué par une auge circulaire, munie intérieurement d'un agitateur, que l'on faisait mouvoir au moyen d'un arbre

(1) D'après une étude de M. Arpin, insérée dans le compte rendu des expériences de Pétrissage mécanique, effectuées par le Syndicat de la Boulangerie de Paris.

vertical, entraîné lui-même au moyen d'un cheval. Mais cet appareil ne fabriquait pas le pain entièrement à lui seul ; des hommes reprenaient la pâte simplement préparée, la finissaient et façonnaient enfin les pains. En outre, on a retrouvé à Pompéi plusieurs spécimens d'auges à pétrir, circulaires, en pierre, dans lesquelles pouvait se mouvoir une grosse pièce de bois verticale, portant trois pièces de bois transversales, tandis que, scellées aux parois de la cuve, se trouvaient disposées des fiches saillantes destinées à contrarier le mouvement de la pâte. Après ces premiers essais de pétrissage mécanique, il semble que le procédé ait été abandonné, car on ne trouve plus dans la suite aucune trace de pétrin mécanique, avant d'atteindre le milieu du XVIIIe siècle.

En 1760, en effet, Salignac, boulanger à Paris, se servait, pour faire du pain, d'une sorte de herse, tournant circulairement et actionnée par une manivelle ou par des chevaux. En 1761, un autre boulanger de Paris, Cousin, présenta une machine du même genre ; mais ces deux appareils ne pénétrèrent pas dans la pratique.

En Espagne, dans les boulangeries de la Vieille Castille, on voit employer la *brega*, sorte de table formée de trois planches, dont deux ont 1 mètre de long, et celle du milieu 21 à 24 centimètres de plus. Sur cet allongement s'élèvent deux moutons qui supportent le *bugoy*, ou rouleau. Quand la pâte est prête, on la met sur la brega et on la presse avec le bugoy, à plusieurs reprises, en la tournant de tous côtés et en la pliant en tous sens. On la coupe ensuite et on brègue séparément chaque portion d'un pain, jusqu'à ce que le tout soit parfaitement lié. Il en résulte un pain plus serré et plus blanc que celui pétri à bras ; ce pain est fait en galettes ou pagnottes, qui ne présentent que des yeux très petits. Ce pain brégué présente quelque analogie avec la pain brié que l'on rencontre dans certains de nos départements du Nord-Ouest.

En 1785, Keferstein imagine une machine, mais trop compliquée pour pouvoir devenir pratique.

En Italie, à partir de 1789, à Gênes, à Venise, à Bologne, dans la Lombardie et dans la Romagne, divers essais de pétrissage mécanique furent tentés, mais sans succès.

Parmentier, à la fin du XVIIIe siècle, imagina un modèle de pétrin mécanique, qui n'eut pas plus de succès que ses devanciers. Le modèle du pétrin de Parmentier peut encore se voir dans les galeries du Conservatoire des Arts et Métiers.

Le premier pétrin mécanique, qui fut réellement employé pour la fabrication du pain, fut inventé par Lembert, boulanger à Paris en 1810, et ce pétrin mécanique fut désigné sous le nom de Lembertine. Ce pétrin se compose d'une caisse quadrilatère en bois, supportée dans le sens de son axe, au moyen de deux tourbillons, sur des jumelles ; à l'un de ces tourillons est fixée une roue d'engrenage, qui engrène dans une lanterne commandée par une manivelle ; on peut ainsi imprimer à la caisse un mouvement de rotation, régularisé au moyen d'un volant ; la caisse ne comporte aucun agitateur intérieur. Les dimensions du pétrin sont variables, suivant les quantités de pâte à fabriquer : au moyen d'une cloison, fixée à volonté par trois vis de pression, on peut ne se servir que d'une partie du pétrin et faire ainsi une quantité de pâte aussi faible qu'il est nécessaire. Le pétrin est fermé par un couvercle joignant hermétiquement. Avec ce système il fallait préparer les levains à la main, et de même les délayer encore à la main ; la pâte obtenue était mal travaillée et peu homogène. Cette machine, même imparfaite, donna de bons résultats aux essais qui en furent faits, mais le mauvais vouloir des ouvriers empêcha l'invention de Lembert de se propager.

Dans les périodes suivantes, les essais de panification mécanique se sont succédés plus nombreux : 14 brevets furent pris pour des pétrins mécaniques de 1827 à 1831 ; l'un de ces appareils, celui de M. Ferrand, était muni d'un double fond couvert en plomb, pour réchauffer la pâte.

Les nouveaux procédés de panification faisant l'objet de nombreuses controverses, le Conseil d'Hygiène publique institua, en 1838, des expériences comparatives de pétrissage à bras et à la machine. Six pétrins furent essayés, et, si les rendements obtenus par le pétrissage à bras furent dans tous les cas légèrement supérieurs aux rendements donnés par les machines, la Commission constata « que les ouvriers qui travaillaient sous sa surveillance avaient la volonté de faire

triompher un système qu'ils regardaient comme une question vitale pour eux, et que cette volonté a dû influer sur la manière dont ils ont opéré, et que le rendement a dû être nécessairement supérieur à celui d'un travail ordinaire ».

Il faut remarquer que, jusqu'à cette époque, les moteurs ne pouvant être appliqués pour le service du fournil, tous ces pétrins devaient être commandés par des manivelles mues par les bras des ouvriers.

A partir de 1840, les inventions se succèdent les unes aux autres, et, en 1847, on voit apparaître le pétrin Boland, qui en 1848 est adopté par la Boulangerie des Hospices. Le pétrin Boland se compose d'une auge semi-cylindrique, selon l'axe de laquelle est disposé un arbre hexagonal de fonte, faisant 6 tours à la minute pour les pâtes fermes et 10 tours pour les pâtes douces. Sur cet arbre sont fixées deux lames spirales, disposées en sens inverse l'une de l'autre, dans chacune des moitiés du pétrin, et réunies à l'arbre par des rayons courbes.

Le pétrin Rolland, inventé vers 1850, puis modifié peu après par son inventeur, est, comme le précédent, une machine déjà bien perfectionnée. Il se compose d'une auge horizontale fixe, ayant la forme d'un demi-cylindre, garni de tôle étamée ; suivant l'axe de la machine est disposé un arbre sur lequel sont montés deux cadres en forme d'S ; ces cadres supportent des systèmes de lames ayant la même courbure que le cadre lui-même, et allant les unes de la partie extérieure des cadres jusqu'à l'axe lui-même, tandis que les autres, alternant avec les premières, partent de la partie extérieure du cadre, mais s'arrêtent à mi-chemin vers l'axe, l'ensemble formant une sorte de grille.

La mauvaise volonté des ouvriers empêcha encore ces appareils de se répandre dans les fournils.

L'exposition de 1855 montra un certain nombre de pétrins mécaniques ; vers 1856, quelques appareils étaient utilisés pour la fabrication courante : 130 boulangeries pétrissaient alors mécaniquement en France, dont 7 seulement pour Paris.

En 1863, Louis Lebaudy invente une pétrisseuse qui montre quelque chose de nouveau, en ce sens qu'on utilise la chaleur

perdue du four pour la transformer en force motrice et actionner le pétrin. Le rapport de la Commission nommée par la Société de la Boulangerie coopérative de Paris conclut à l'adoption de la pétrisseuse Lebaudy, qui « affranchit le maître des caprices des ouvriers pétrisseurs et consacre la dignité de l'ouvrier pouvant consacrer sans fatigue toute son intelligence à la fabrication de la pâte ». Le système fut monté chez M. Coron, à Méru, mais les difficultés rencontrées dans la pratique étaient insurmontables : l'installation du moteur à vapeur et du pétrin correspondant nécessitait une fabrication d'au moins 1 000 kilogrammes de pain par jour.

L'exposition de 1867 vit encore un grand nombre de pétrins mécaniques, dont celui de Deliry, qui, essayé par la Boulangerie des Hospices, et reconnu supérieur au pétrin Bolland, fut adopté en 1876, et fonctionne encore aujourd'hui.

En 1878, nouvelle exposition, où se montrent six modèles de pétrins mécaniques ; en 1885, à l'Exposition internationale de Meunerie et de Boulangerie, figurent un grand nombre de pétrins mécaniques, dont plusieurs sont encore en service aujourd'hui; enfin en 1889 et en 1900, les deux Expositions universelles offrent encore au public de nouveaux modèles de pétrins, si bien que, aujourd'hui, on peut véritablement dire que le boulanger qui désire acheter un pétrin mécanique n'a que l'embarras du choix.

Description des pétrins mécaniques modernes. — Les types de pétrins mécaniques, actuellement en service, sont extrêmement variables; mais ces appareils offrent toujours les mêmes parties fondamentales : une cuve servant de pétrin, et un système d'agitateurs, plus ou moins complexes, qui s'efforcent de produire tout ou partie des mouvements que nous avons vu exécuter par l'ouvrier boulanger.

Les cuves des pétrins mécaniques sont faites en bois ou en métal; elles sont de forme rectangulaire ou circulaire. Le bois a été naturellement employé au début, parce que c'était toujours en bois que se faisaient les pétrins à bras; mais les cuves métalliques modernes sont d'un usage plus grand et d'un nettoyage plus aisé. Les cuves en bois ont cependant aujourd'hui encore des défenseurs énergiques qui prétendent que

le bois seul permet d'obtenir un bon travail, que la cuve métallique refroidit considérablement la pâte et empêche ou retarde la fermentation, l'apprêt du pain. Les défenseurs de la cuve métallique protestent en faisant remarquer que cet inconvénient, même s'il existe réellement, ce qui n'est pas bien prouvé, peut être facilement évité; qu'il suffit de verser dans la cuve l'eau destinée au pétrissage, à une température élevée, et d'attendre pour délayer les levains que la température de l'eau soit redevenue convenable ; la cuve, une fois échauffée au contact de l'eau, conserve ensuite facilement sa chaleur pendant toute la durée du travail.

La forme adoptée a été souvent au début la forme rectangulaire, toujours pour se rapprocher autant que possible de la forme usuelle, ou pour pouvoir au besoin adapter un organe pétrisseur sur un pétrin déjà existant. L'inconvénient de cette forme rectangulaire est qu'il est alors besoin d'avoir un agitateur de grandes dimensions, capable d'aller chercher la pâte dans tous les coins du pétrin; avec une cuve circulaire, au contraire, animée d'un mouvement de rotation, toutes les portions de la pâte viennent se présenter successivement à l'action de l'organe pétrisseur. Nous verrons cependant que cette difficulté peut être tournée en animant le pétrin rectangulaire d'un mouvement de va-et-vient.

Les organes pétrisseurs, dont le mouvement dans la cuve assure le mélange de l'eau et de la farine, sont des plus variables, selon les inventeurs. On trouve, en effet, des hélices animées d'un mouvement circulaire continu dans le plan vertical; des palettes animées d'un mouvement circulaire continu dans le plan vertical, tout en se déplaçant d'une extrémité à l'autre du pétrin ; des cadres ajourés tournant dans un plan horizontal autour d'un axe vertical, ou bien tournant autour d'un axe oblique ; ou encore des systèmes de fourches animées de mouvements divers, etc. ; ces organes prennent, suivant le travail principal qu'ils exécutent, les noms de fraseurs, d'allongeurs, etc.

Enfin, pour faciliter les opérations du boulanger qui doit, une fois la pâte achevée, la transporter dans un endroit spécial de son fournil pour lui faire subir le commencement de

la fermentation, certains inventeurs ont rendu la cuve du pétrin indépendante du bâti général de la machine : on peut alors, le travail achevé, conduire facilement la pâte, là où cela est nécessaire, grâce aux roulettes dont la cuve est munie; on peut également, si le travail est pressé, substituer une seconde cuve à la première et commencer sans interruption, une nouvelle pétrissée.

Sans chercher à décrire tous les modèles de pétrins mécaniques qui existent actuellement, nous parlerons seulement des appareils représentant les différents types en service.

I. — PÉTRINS A CUVE IMMOBILE

1° Le *pétrin Bouring* se compose d'une cuve de bois, de forme classique, comprenant trois cases : l'une sert de case à farine; la seconde est destinée à recevoir la pâte complètement travaillée; la troisième, enfin, garnie intérieurement d'une feuille de fer étamé, présentant une forme hémi-cylindrique, sert pour le pétrissage. Suivant l'axe de l'appareil est disposé un arbre de fer, de section carrée, supportant les organes pétrisseurs ; ceux-ci sont constitués par deux palettes en fer étamé, cylindriques et hélicoïdales, évidées. Les pas des deux hélices sont de sens contraire, ce qui permet de ramener sans cesse la pâte vers le centre du pétrin. La pâte, soulevée par les palettes, retombe et se déplace continuellement de droite à gauche et de gauche à droite; ce mouvement reproduit ce qui se passe pendant le travail à bras. L'arbre du pétrin supporte, extérieurement à la cuve, une grande roue dentée, entraînée par une chaîne sans fin, commandée par une roue plus petite montée sur un arbre intermédiaire ; ce même arbre supporte une seconde roue, entraînée par une seconde chaîne sans fin, et commandée par un pignon, calé sur l'arbre de commande. Ce dernier est muni d'un lourd volant de fonte, nécessaire pour le travail à la main. Ce pétrin peut, en effet, être commandé par une manivelle ou par un moteur. La manivelle peut se fixer, soit sur l'arbre de commande, soit sur l'arbre intermédiaire, ce qui permet, pour un même nombre de tours de la manivelle,

d'obtenir pour les palettes une vitesse plus ou moins grande. La grande vitesse est recommandée pour le frasage, le pétrissage se poursuivant ensuite avec la petite vitesse.

Le travail étant terminé, la sortie de la pâte est facilitée par ce fait que l'arbre et les organes pétrisseurs peuvent être relevés au-dessus du pétrin ; l'une des extrémités de l'arbre étant, à cet effet, montée au moyen d'une charnière : on se trouve alors en présence d'un pétrin ordinaire.

La durée du travail, pour la préparation de 250 kilogrammes de pâte, est d'environ quatorze minutes.

2° Le *pétrin Mérand et Chrétin* est, comme le précédent, formé d'une huche ordinaire, semi-cylindrique, en bois; le pétrisseur est monté sur un cadre métallique rectangulaire, mobile autour d'un de ses côtés, de manière à pouvoir, en se relevant, dégager la cuve, dans laquelle on peut alors travailler à bras. L'organe pétrisseur se compose de deux agitateurs, formés de tiges métalliques courbées, fixées sur un arbre horizontal, disposé selon l'axe de l'appareil. Les deux agitateurs sont séparés l'un de l'autre par une hélice, de sorte que le travail des deux organes est distinct et peut être au besoin différent : l'un faisant une pâte molle, tandis que l'autre travaille une pâte dure. Cet appareil, fait pour fonctionner au moyen d'un moteur, électrique ou autre, peut néanmoins être muni d'une manivelle qui permet de remédier au manque momentané de force motrice.

3° Le *pétrin Mousseau* se compose d'une cuve hémicylindrique ordinaire, en bois, en tôle ou en fonte; dans cette cuve tourne, au moyen d'un moteur électrique, un arbre, non plus rectiligne, mais disposé en hélice, et portant une série de petites fiches métalliques; pendant le fonctionnement, la pâte se déplace sans cesse de droite à gauche, et de gauche à droite.

4° Le *pétrin Paviot* possède encore, comme les précédents, une cuve de bois rectangulaire fixe ; ce qui fait son originalité, c'est que l'organe pétrisseur, formé de palettes rectangulaires ajourées, est monté sur un axe horizontal perpendiculaire au grand côté du pétrin ; cet axe est disposé sur un petit chariot qui se déplace tout le long de la cuve, dans un mouvement de

va-et-vient; la pâte n'est donc pas travaillée dans toute sa masse à la fois, mais seulement par petites portions ; le pétrissage est coupé de légers temps de repos : l'inventeur s'est préoccupé de reproduire ce qui se passe dans le travail à bras, lorsque le geindre se déplace le long de son pétrin. Le pétrin Paviot fonctionne au moyen d'une manivelle, actionnée à la main ; il peut pétrir jusqu'à 150 pains de 2 kilogrammes.

Tous les appareils précédents utilisaient pour ainsi dire l'ancien pétrin de bois; ceux que nous allons voir maintenant sont de dimensions plus restreintes, et ils sont construits en vue du pétrissage mécanique seulement : ils ne comportent donc plus de case à farine, ni de case pour recevoir la pâte une fois terminée.

5° Le *pétrin Nogués* offre une cuve formée de deux flasques de fonte, réunies par des douves de bois ; la forme est celle d'un demi-cylindre. Les dimensions sont $1^m,10$ de long, $0^m,73$ de large à la partie supérieure, et $0^m,425$ de profondeur. Au-dessus du pétrin est placé un châssis qui supporte les organes pétrisseurs. Ce châssis peut être relevé en fin de travail pour dégager la cuve. Deux arbres horizontaux, parallèles au grand côté de la cuve, tournent en sens inverse l'un de l'autre, avec la même vitesse; le sens de la rotation peut être inversé à volonté, grâce à un mécanisme spécial. Chacun de ces arbres supporte quatre fers étamés, contournés en hélice ; ces fers sont groupés deux par deux, et leurs extrémités sont soutenues par d'autres fers, droits, perpendiculaires aux arbres de support. Lorsque les arbres tournent dans un certain sens, le système des hélices prend la pâte au milieu de la cuve pour la reporter partie vers la droite et partie vers la gauche ; lorsque les arbres tournent dans le sens contraire au précédent, les hélices ramènent sans cesse la pâte vers le centre de la cuve. Le travail achevé, et les pétrisseurs relevés, on peut incliner la cuve pour faciliter l'enlèvement de la pâte.

6° Le *pétrin Geoffrin* offre une cuve analogue à la précédente ; le système des agitateurs est formé d'un arbre horizontal sur lequel sont montés deux groupes d'éléments : des tubes malaxeurs courbes, disposés en deux groupes de trois de chaque côté de l'arbre; et deux versoirs, placés à chacune des

extrémités du système pétrisseur. Les tubes sont chargés d'exécuter le frasage; les versoirs ou mélangeurs saisissent tour à tour, l'un à droite, l'autre à gauche, une partie du mélange et la déversent sur le reste : le tout étant aussitôt malaxé par les

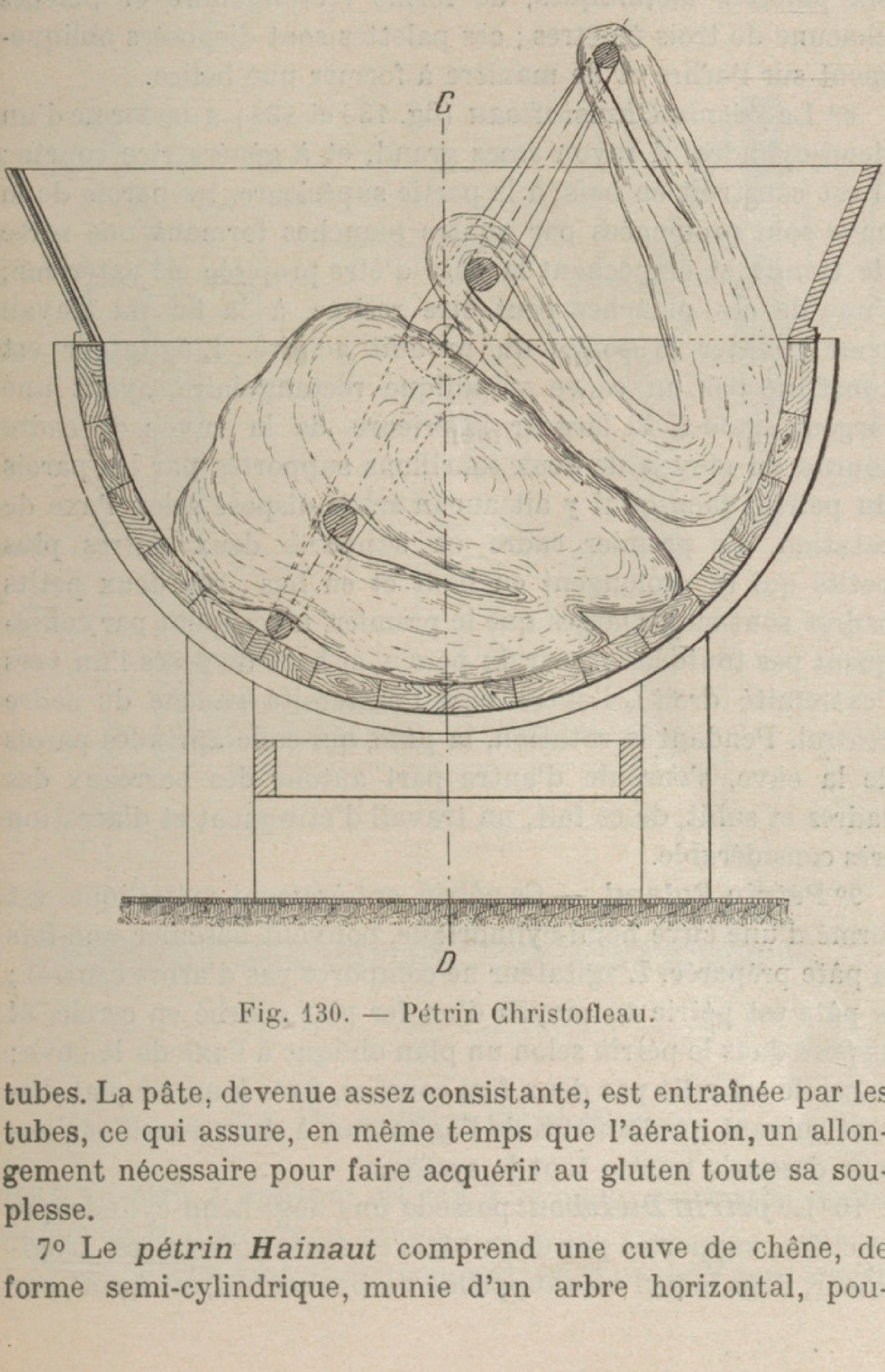


Fig. 130. — Pétrin Christofleau.

tubes. La pâte, devenue assez consistante, est entraînée par les tubes, ce qui assure, en même temps que l'aération, un allongement nécessaire pour faire acquérir au gluten toute sa souplesse.

7° Le *pétrin Hainaut* comprend une cuve de chêne, de forme semi-cylindrique, munie d'un arbre horizontal, pou-

vant s'élever au-dessus du pétrin grâce à deux fils métalliques qui supportent l'arbre à chacune de ses extrémités et qui viennent s'enrouler autour d'un tambour, une fois le travail fini. L'arbre supporte les organes pétrisseurs, constitués par six palettes métalliques, de forme rectangulaire et percées chacune de trois fenêtres ; ces palettes sont disposées obliquement sur l'arbre et de manière à former une hélice.

8° Le *pétrin Christofleau* (fig. 130 et 131) a la forme d'un demi-cylindre, à rayon assez grand, et à génératrice courte ; il est construit en bois; à la partie supérieure, les parois de la cuve sont prolongées par quatre planches formant une sorte de trémie et empêchant la pâte d'être projetée à l'extérieur; l'une de ces planches peut être retirée, à la fin du travail pour faciliter la sortie du produit achevé. L'agitateur est constitué par un cadre métallique rectangulaire, ayant une largeur égale à la largeur intérieure de la cuve ; ce cadre tourne au moyen de deux tourillons supportés par les parois du pétrin, sans qu'il y ait aucun arbre disposé selon l'axe de rotation. Ce premier cadre en supporte deux autres plus petits qui le prolongent en haut et en bas ; ces deux petits cadres sont moins larges que le premier, n'occupent par conséquent pas toute la largeur du pétrin, et sont disposés l'un vers l'extrémité droite, l'autre vers l'extrémité gauche du cadre central. Pendant la rotation, la pâte, qui colle après les parois de la cuve, s'enroule d'autre part autour des barreaux des cadres et subit, de ce fait, un travail d'étirement et d'aération très considérable.

9° ***Pétrin Roland.*** — Ce pétrin, entièrement métallique, est formé d'une cuve hémi-cylindrique, pouvant basculer une fois la pâte préparée. L'agitateur ne comporte pas d'arbre central ; la pâte est pétrie au moyen d'un fer plat courbé en cercle, et disposé dans le pétrin selon un plan oblique à l'axe de la cuve; ce cercle est relié par deux fers courbes, fixés à un fer plat disposé suivant un diamètre de l'agitateur, à deux tourillons autour desquels tourne tout le système.

10° Le *pétrin Dudebout* possède une auge hémi-cylindrique en chêne, supportée par deux bâtis en fonte entretoisés. L'agitateur, dans lequel on a supprimé l'arbre central, est formé par

une sorte de grille hélicoïdale, que l'on peut faire tourner à

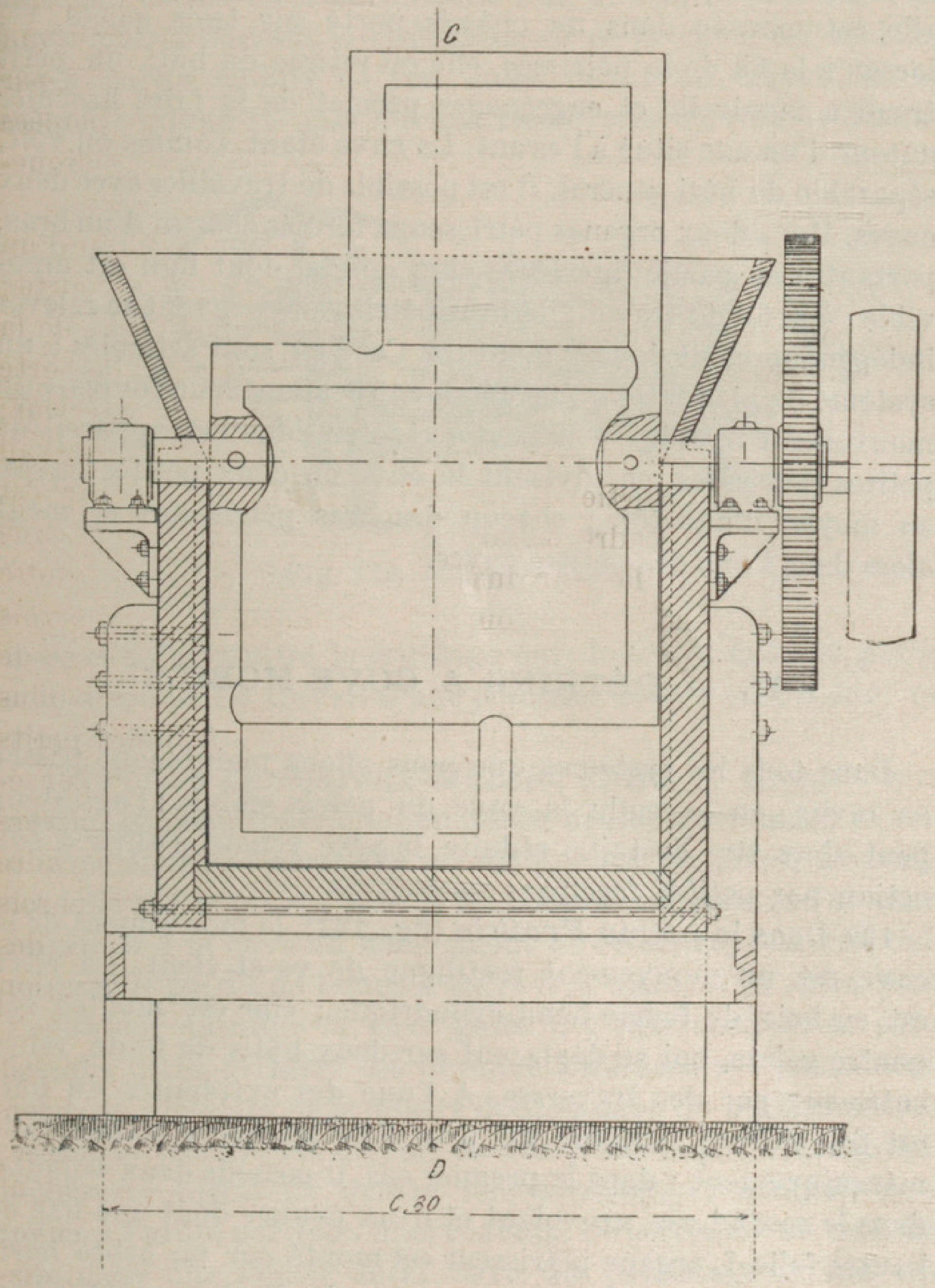


Fig. 131. — Pétrin Christofleau.

deux vitesses. L'appareil est mû à la main, au moyen d'une manivelle et d'un grand volant.

11° Le *pétrin Alexandre* comporte un grand bâti dans lequel

on peut amener la cuve, métallique, ayant la forme d'un berceau à peu près demi-cylindrique avec un évasement à l'avant ; elle est montée dans un châssis porté sur trois galets, et, lorsqu'à la fin de la pétrissée, elle est retirée du bâti, un petit treuil à manivelle et engrenages permet de la faire basculer autour d'un axe situé à l'avant. La cuve étant, comme on voit, séparable du bâti général, il est possible de travailler avec deux cuves. Il y a deux organes pétrisseurs, formés chacun d'un bras, portant à sa partie inférieure cinq doigts, dont l'un est amovible ; à la fin du travail, les bras pétrisseurs peuvent se relever indépendamment de leur monture. Ces bras sont articulés à un système de bielles tel qu'ils décrivent pendant leur course « un mouvement ovoïde ». On peut exécuter dans cet appareil de petites pétrissées, en divisant la cuve en deux petites cuves, au moyen d'une tôle : chacun des bras pétrisseurs se meut alors dans l'une des petites cuves.

II. — PÉTRINS A CUVE MOBILE

Dans tous les systèmes que nous allons maintenant passer en revue, on a rendu la cuve du pétrin mobile : l'agitateur peut alors être de taille réduite, la pâte venant s'offrir à son action par petites fractions successives.

12° Dans le *pétrin Fraikin* (fig. 132), le mouvement de la cuve est un mouvement rectiligne de va-et-vient. La cuve est en bois, de forme hémi-cylindrique ; elle est montée sur quatre galets, qui se déplacent sur deux bâtis de fonte, reliés entre eux par des traverses. A l'une des extrémités du bâti est fixé l'arbre moteur qui peut être mû, soit à bras, soit mécaniquement : dans le premier cas, il possède deux volants, dans le second cas, un volant et deux poulies dont une fixe et l'autre folle. L'organe pétrisseur est monté sur un arbre horizontal, qui reçoit son mouvement de l'arbre moteur, au moyen d'un engrenage à angle droit. Le pétrisseur est formé de deux hélices à trois branches, assemblées sur moyeux. La première hélice, composée de deux tôles inclinées en sens contraire l'un de l'autre et d'une cuiller demi-sphérique,

est fixée sur l'arbre ; l'autre, composée de deux tôles inclinées encore en sens contraire l'un de l'autre et d'une tôle plate cintrée suivant la circonférence de la cuve, est mobile. Cette partie mobile ne sert qu'au début du travail, et se démonte quand la pâte devient ferme, afin d'éviter le découpage et de permettre le soufflage qui doit être exécuté par la cuiller ronde. Le travail d'une pétrissée se fait en dix-huit ou vingt minutes.

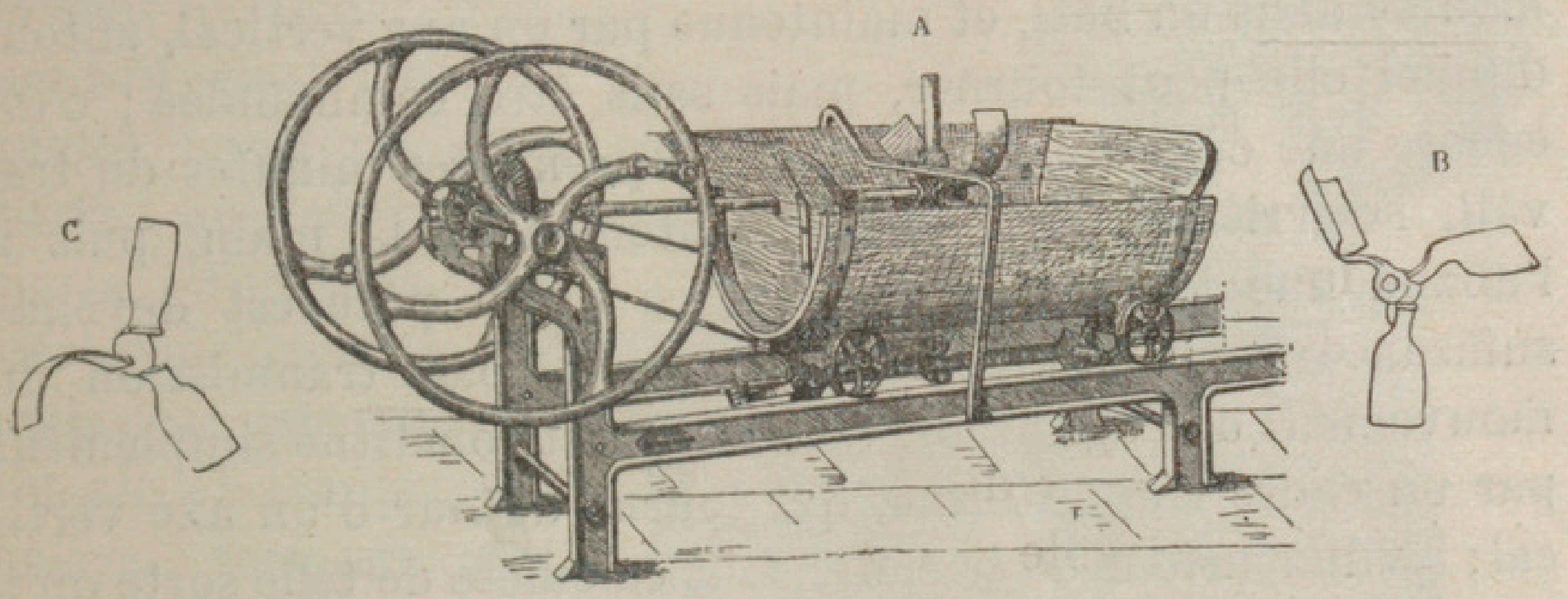


Fig. 132. — Pétrin Fraikin.

13° ***Pétrin Lamoureux-Mansiot et fils.*** — La cuve de ce pétrin est hémisphérique, en fonte brute, légèrement évasée à la partie supérieure; elle est montée sur un pivot, mais elle est folle sur ce pivot ; aucune transmission mécanique ne vient imprimer à la cuve un mouvement de rotation ; l'ouvrier doit pousser le pétrin de temps à autre à la main, et, d'autre part, l'agitateur entraîne la cuve grâce à l'adhérence de la pâte, lorsque cette dernière est devenue suffisamment ferme. Suivant un diamètre de la sphère dont la cuve du pétrin forme la moitié inférieure, est disposé un arbre, sur lequel est monté le pétrisseur formé de quatre fers diversement contournés et reliés à l'arbre par deux bras radiaux. Le pétrisseur ne travaille que dans une moitié de la cuve. Le pétrissage se fait très rapidement, en sept à huit minutes.

14° ***Pétrin Bureau, construit par Lotz.*** — Cet appareil est en bois et son fonctionnement peut être obtenu, soit à bras, soit au moyen d'un moteur, soit au moyen d'un manège actionné par un cheval ; ce qui peut convenir pour des bou-

langeries rurales. La cuve est circulaire, mais elle n'est pas cylindrique : elle est plus étroite à la partie inférieure qu'à la partie supérieure, en outre, on a disposé au centre de la cuve un tronc de cône, dont la grande base est à la partie inférieure, de sorte que finalement la cuve de cet appareil représente une capacité annulaire, dont la section est un trapèze. La cuve est montée dans un bâti, et maintenue par un axe vertical, autour duquel elle peut tourner, mais sans être commandée ; c'est encore une cuve folle : pendant les premières minutes du travail, l'ouvrier la fait tourner lentement à la main, puis il l'abandonne lorsque la consistance de la pâte est devenue suffisante pour assurer l'entraînement par tranmission du mouvement de l'agitateur. Ce dernier est constitué simplement par un cadre trapéziforme, qui tourne autour d'un axe vertical; les dimensions de ce cadre sont calculées de telle sorte qu'il tourne avec très peu de jeu, dans la cuve. Les côtés obliques du cadre supportent, l'un deux, l'autre trois doigts, inclinés, à section lenticulaire et venus de fonte avec le cadre. La durée de la pétrissée est de quinze minutes environ.

15° ***Pétrin « second aide » système Bugaud.*** — Ce pétrin (fig. 133) est composé d'une cuve de bois légèrement tronconique, et tournant autour d'un axe vertical ; la cuve peut ici être embrayée avec un engrenage qui lui communique un mouvement de rotation ; mais elle peut encore, et à volonté, être folle sur son axe, comme dans les cas précédents. A l'intérieur de la cuve, on trouve un malaxeur, ayant la forme d'un trapèze évidé, la grande base placée à la partie supérieure et tournant autour d'un axe vertical, dans le même sens que la cuve elle-même, mais avec une vitesse relativement beaucoup plus grande. A côté du malaxeur, et située au centre de la cuve, est disposée une lame, qui a pour but de diminuer la surface travaillante et de découper la pâte au moment du passage du malaxeur. Enfin, dans le même plan que le malaxeur, mais sur le côté opposé de la cuve, et contre la paroi, est disposée une palette ayant la forme d'un versoir de charrue; cette palette, dont la position peut être réglée à volonté, a pour rôle de renvoyer sans cesse au centre du pétrin, et en la retournant, la pâte que le malaxeur a chassée

vers la périphérie. L'inventeur de ce pétrin a eu surtout en vue d'obtenir un soufflage parfait de la pâte, pour faire des pains très légers. Le soufflage est fait par le malaxeur, qui, tournant à une vitesse relativement grande, déplace la pâte dans le sens vertical : il se produit ainsi dans la partie basse un vide partiel où l'air se précipite. La pâte qui s'échappe ensuite du malaxeur retombe sur cet air et l'emprisonne, en formant des cloches analogues à celles que réalise l'ouvrier boulanger lorsqu'il souffle sa pâte. La durée du pétrissage est de dix minutes environ.

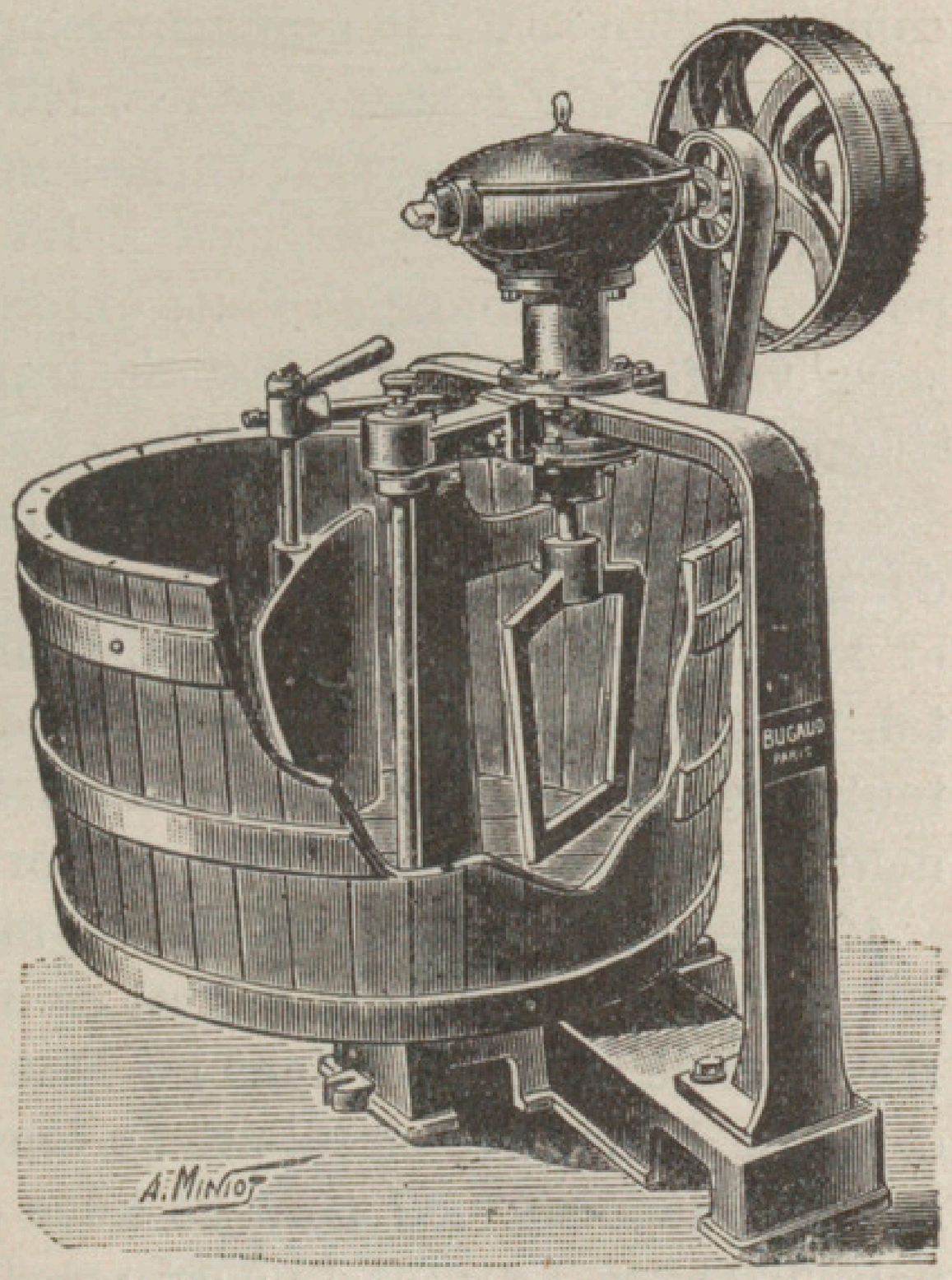


Fig. 133. — Pétrin Bugaud.

16° ***Pétrin Dessaint***. — La forme générale rappelle celle des appareils précédents : cuve en bois, cerclée de fer, légèrement tronconique, montée sur un arbre vertical et recevant un mouvement de rotation grâce à une grande roue dentée et à un petit pignon, placés à la partie inférieure du pétrin. A l'intérieur de cette cuve, on trouve deux organes pétrisseurs : le premier, formé par deux fers coudés à angle droit, tourne dans le plan horizontal, en frôlant la paroi de la cuve ; cet organe est chargé de délayer le levain, de fraser et de découper la pâte en tournant dans le même sens que la cuve; cette dernière, étant alors débrayée, est entraînée sans dépense. Le second pétrisseur tourne autour d'un axe oblique ; il est formé de deux fers, coudés de façon à ce que, une branche de chaque fer soit verticale et l'autre parallèle au fond de la cuve : ce

pétrisseur doit allonger et aérer la pâte en la ramenant toujours vers le centre de la cuve. Le travail est rapidement fait : la durée de la pétrissée étant de sept à huit minutes.

17° Le *pétrin Pollet* est analogue aux précédents : il se compose d'un socle de fonte sur lequel est fixée la cuve, tronconique, en tôle étamée, montée folle sur son axe avec roulements à billes, et portant en son milieu une colonne tronconique, à grande base inférieure. L'organe pétrisseur est supporté par une colonne de fonte extérieure à la cuve ; ce pétrisseur est formé par un fraseur trapézoïdal en acier étamé, tournant autour d'un axe vertical.

18° Le *pétrin Paulet* est également analogue aux précédents dans ses dispositions générales ; la cuve est en bois et les bras pétrisseurs tournent autour d'un arbre horizontal, commandé extérieurement à la cuve, ce qui supprime toute crainte de voir tomber dans la cuve de l'huile provenant du graissage des paliers supportant l'arbre moteur.

19° ***Pétrin Deliry***. — C'est ce modèle (fig. 134) construit par la maison Decarsin, qui est en usage à la boulangerie des Hospices de la Seine et dans les Manutentions militaires ; il se compose d'une cuve circulaire de fonte, dont le diamètre peut mesurer depuis $0^m,80$ pour 35 kilos de pâte jusqu'à 2 mètres pour 700 kilos. La cuve du pétrin porte en son centre une partie tronconique, de sorte que la capacité utile a la forme d'une rigole circulaire à section trapézoïdale. La cuve est commandée par sa partie inférieure et tourne autour d'un axe vertical. Les organes pétrisseurs sont au nombre de trois : un fraseur, ayant la forme d'une lyre et tournant verticalement, pour fraser la pâte et la découper ensuite, et deux pétrisseurs tournant horizontalement, chargés d'allonger et de souffler la pâte. Pendant toute la durée du travail, un coupe-pâte râcle sans cesse les parois de la cuve, détache la pâte adhérente à ces parois et la fait retomber dans le pétrin. Le pétrissage se fait en 12 ou 15 minutes, s'il s'ágit de pâtes douces ou bâtardes, en 15 ou 25 minutes pour les pâtes plus fermes.

20° ***Pétrin Pneumator***. — La maison Decarsin construit également le pétrin Pneumator (fig. 135). La cuve est circulaire, tournant sur pivot muni d'un roulement à billes;

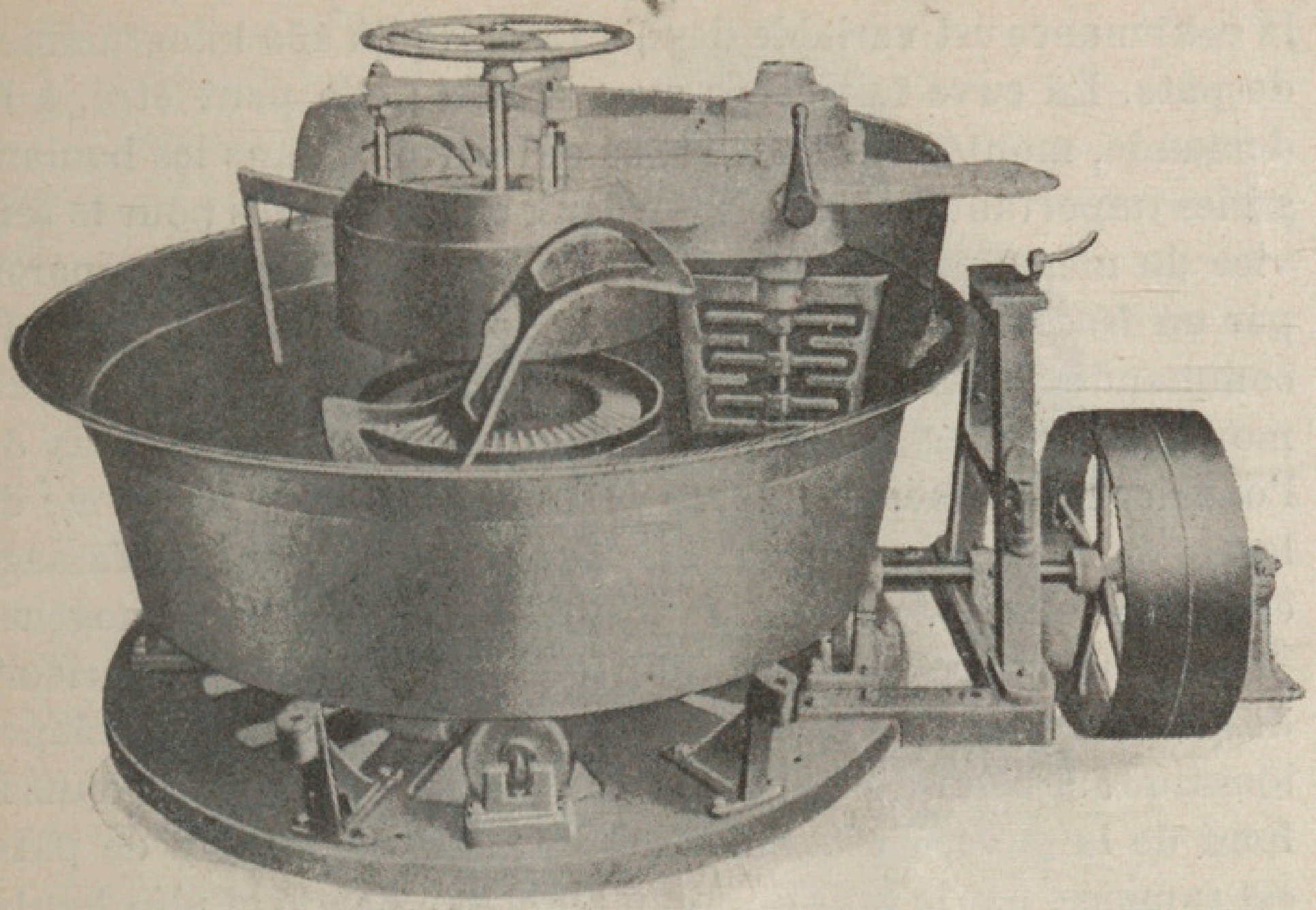


Fig. 134. — Pétrin Deliry.

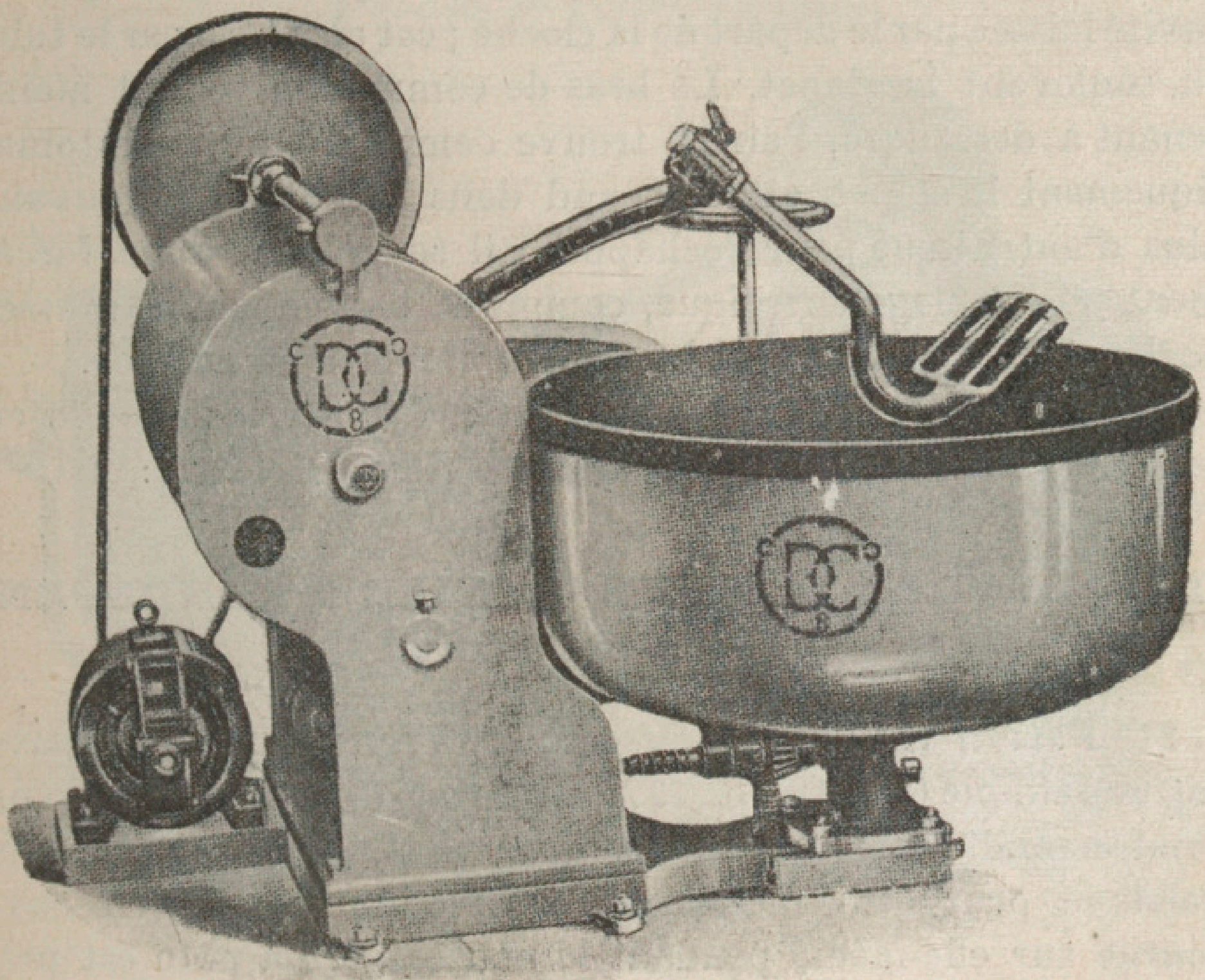


Fig. 135. — Pétrin Pneumator (Decarsin).

la contenance est variable depuis 150 jusqu'à 450 kilogrammes de pâte. La cuve fait corps avec le bâti ; elle peut être, à la demande, montée sur chariot, ce qui permet, dans les boulangeries importantes, d'employer deux et trois cuves pour le service du même pétrin. La pâte est travaillée dans cet appareil par un fraseur et par un souffleur système Jouy; le bras de commande portant les organes travailleurs est animé d'un mouvement alternatif, rappelant le mouvement des bras de l'ouvrier lui-même. Le fraseur porte des branches en forme de lame de couteau; cet organe a pour but d'assurer un brassage énergique et rapide, en même temps qu'un mélange homogène.

Le souffleur se compose d'un tube à l'extrémité inférieure duquel est fixée une cloche; l'autre extrémité reçoit un clapet identique à celui d'une pompe. La cloche se trouvant dans le fond de la cuve, c'est-à-dire entièrement recouverte de pâte, est ramenée par le bras de commande à la partie la plus haute, laissant ainsi un vide dans la pâte. Par l'effet de ce vide, il se produit une aspiration de l'air extérieur, qui vient remplir la cavité laissée par le départ de la cloche ; cet air passe par le tube en soulevant le clapet. Le bras de commande venant maintenant à descendre, l'air se trouve comprimé, ferme automatiquement le clapet, et se répand dans la pâte, ne trouvant plus d'autre issue pour s'échapper ; il se produit donc forcément un soufflage énergique, comme le témoignent les grosses poches d'air qui viennent lentement crever à la surface.

La maison Decarsin construit enfin des pétrins à cuve en bois amovibles, et les pétrins système Havet-Delattre.

III. — PÉTRINS A CUVE MOBILE ET INDÉPENDANTE DU BATI

21° ***Pétrin Werner et Pfeiderer*** (***Viennara***). — La cuve est métallique (fig. 136 et 137), de forme cylindrique, avec un fond arrondi; elle est montée sur un plateau supporté par des galets et peut être facilement séparée du bâti. Cette cuve tourne sur elle-même pendant le pétrissage. La pâte est préparée au moyen d'un bras pétrisseur en acier, articulé à la partie arrière de la machine. Ce bras, grâce à un montage

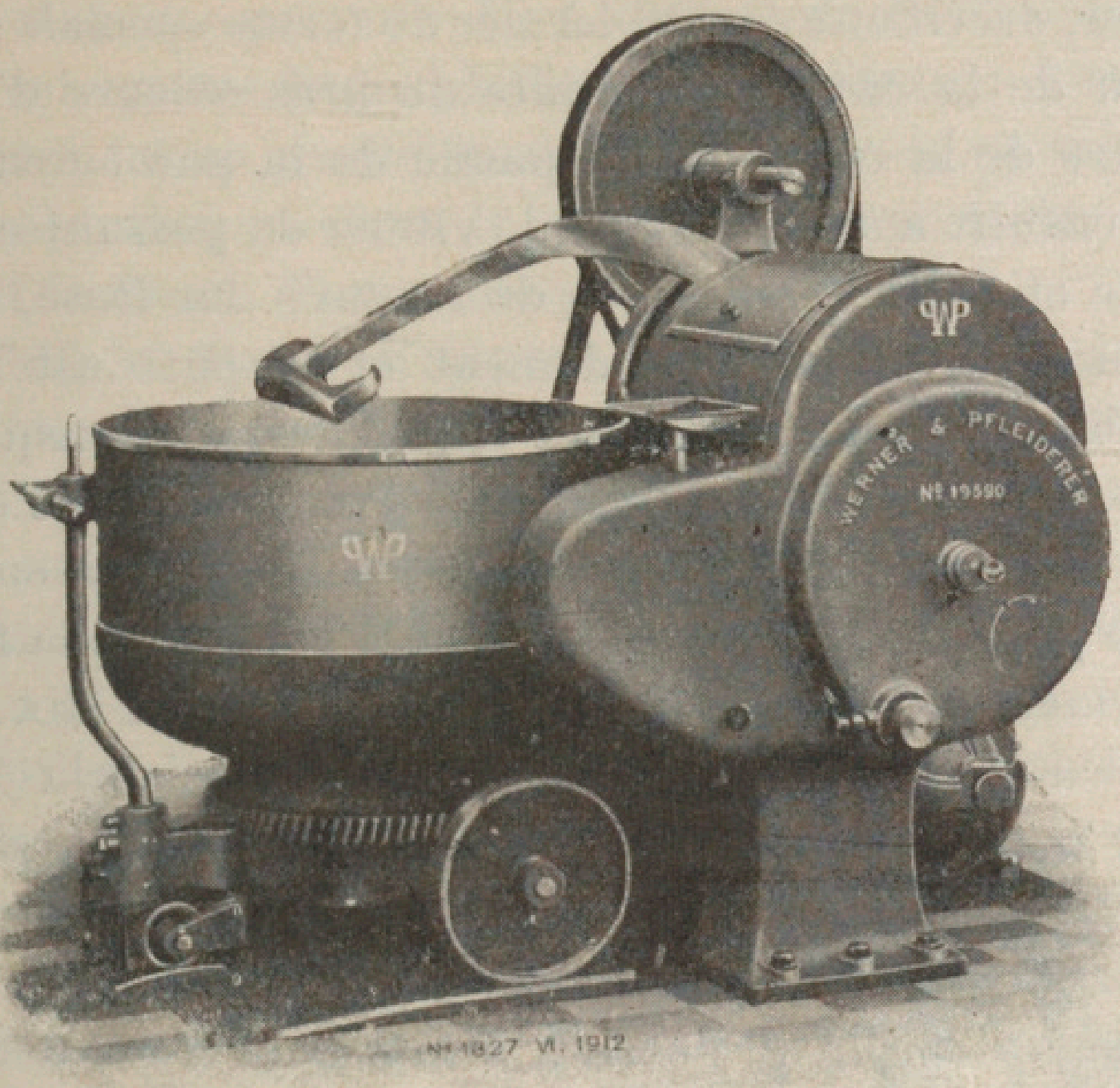


Fig. 136. — Pétrin Viennara.

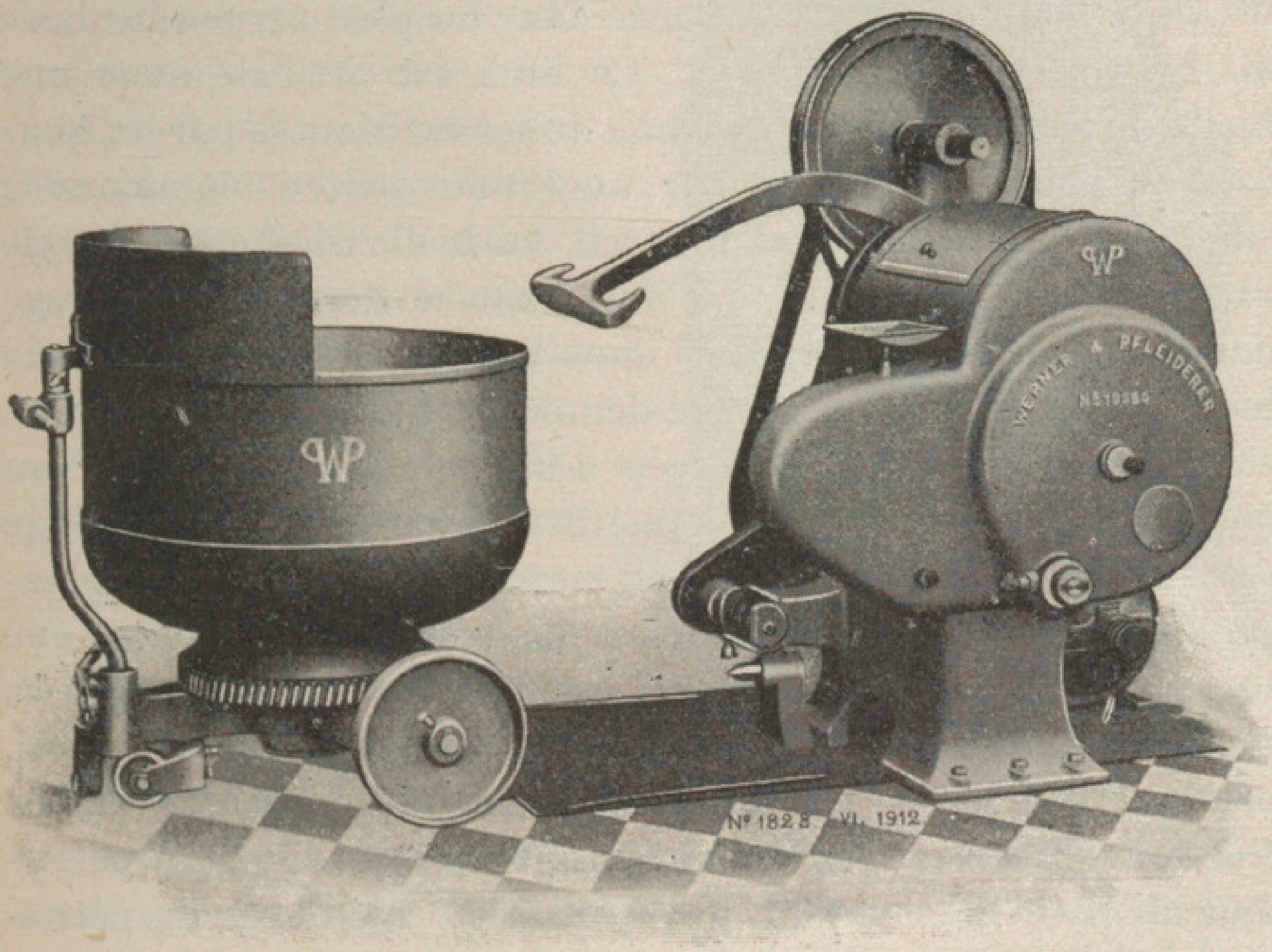


Fig. 137. — Pétrin Viennara, montrant la cuve séparée du bâti.

particulier, décrit une courbe fermée de forme spéciale : partant du milieu de la cuve, l'extrémité du bras effleure d'abord le fond cintré de la cuve et une partie de la paroi cylindrique, remonte ensuite à une plus grande vitesse en passant au-dessus de la pâte et revient au milieu de la cuve. La frase, dans ces conditions, est obtenue rapidement et la pâte est à la fois étirée, allongée et soufflée. Pour travailler rapidement et sans poussière, on met le levain dans la cuve, on coule l'eau avec le sel, et on verse environ la moitié de la farine à employer ; on met le pétrin en marche et on ajoute le reste de la farine au fur et à mesure ; la durée du pétrissage est de dix minutes environ. Une tôle cintrée s'applique sur le bord de la cuve pour empêcher toute projection à l'extérieur de pâte ou de farine.

22° ***Pétrin Küstner.*** — La cuve est en fonte, sensiblement hémisphérique, animée d'un mouvement de rotation sur elle-même, et montée sur un chariot, qui permet d'amener la cuve à la portée du pétrisseur, et de la déplacer ensuite, une fois l'opération achevée. L'organe de pétrissage est ici constitué par un bras muni à son extrémité d'une palette longue de $0^m,20$ et large de $0^m,31$ et placée dans un plan perpendiculaire au bras servant de support. Ce bras est articulé avec une bielle de fer, actionnée à chacune de ses extrémités par un bouton de manivelle monté sur une roue dentée, commandée elle-même par l'arbre de l'appareil. La bielle oscille à sa partie supérieure autour d'un tourillon fixe ; ce dernier est engagé dans un coulisseau qui glisse dans un fer en U, solidaire de la bielle, et sa distance à la roue dentée est modifiable à volonté, en cours de travail, au moyen d'un volant agissant sur un pignon en prise avec une crémaillère légèrement oblique. De cette façon, la machine étant en marche, la palette vient plonger dans la cuve vers le bord (en un point où on a placé une tôle pour éviter les projections), revient vers le centre, puis se soulève, et, en se renversant, gagne à nouveau la péripherie, pendant que la cuve tourne sur elle-même d'un mouvement très lent. On peut, dans certains cas, ajouter sur le bras pétrisseur un petit bras en plus de la palette. La durée du pétrissage est d'environ dix minutes.

23° Le mouvement du pétrisseur est analogue aux deux pré-

cédents, dans les ***pétrins E. Lidon*** et ***J. Blot***, dans lesquels la cuve est encore hémisphérique, et l'agitateur formé par uu bras terminé à sa partie travaillante, dans le premier cas par un fer recourbé, et dans le second par une sorte de palette affectant la forme d'un rognon.

24° ***Pétrin Peter Küpper***. — La cuve est ici de forme cylindrique, de dimensions variables, pouvant contenir, suivant les cas, de 80 à 450 kilogrammes de pâte. La cuve étant mobile, on peut installer sur le même bâti des cuves de dimensions variables, suivant le travail qu'il s'agit d'effectuer. L'organe pétrisseur est tout différent de ceux que nous avons vus jusqu'ici : il est constitué par un arbre vertical, supportant deux fers étamés et contournés en portion d'hélice, l'une avec pas à droite, l'autre avec pas à gauche. Ces deux hélices sont réunies à la partie inférieure par une traverse horizontale qui frôle le fond de la cuve. Pendant le travail, le bord extérieur de l'une des deux hélices vient également frôler la paroi verticale de la cuve. L'arbre vertical, qui supporte tout ce système, tourne sur lui-même, commandé par la partie supérieure. Cet arbre vertical ne coïncide pas avec l'axe autour duquel tourne la cuve elle-même; il y a entre les deux un écart de $0^m,14$. La cuve peut tourner à volonté dans un sens ou dans l'autre, les hélices mélangeuses tournant dans le sens inverse de celui de la cuve, ou dans le même sens. Lorsque le travail est achevé, à l'aide d'un mécanisme approprié, on soulève l'arbre qui porte les

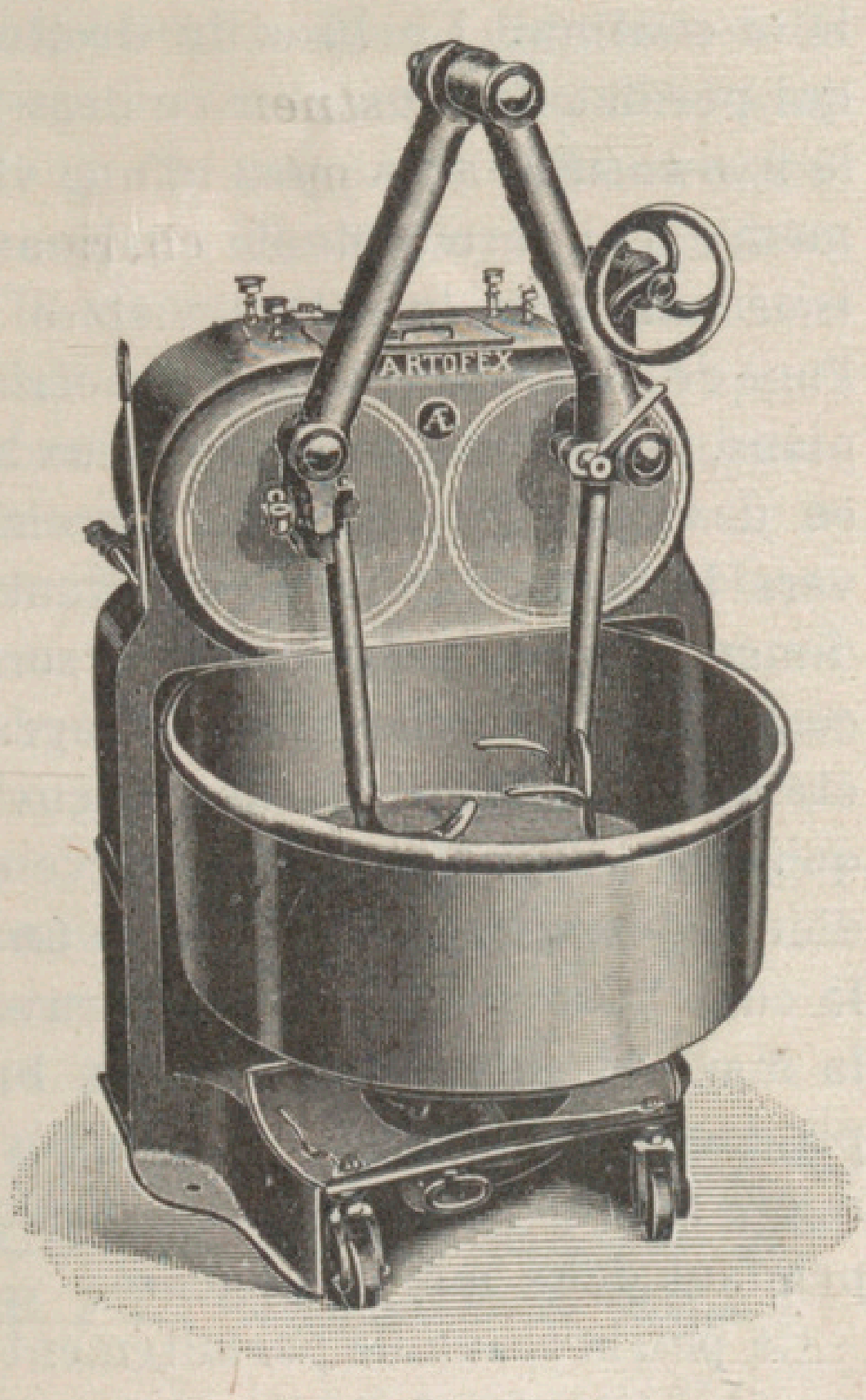


Fig. 138. — Pétrin Artolex.

hélices pétrisseuses, en le faisant tourner dans un plan vertical; ce mouvement est, du reste, facilité par deux contrepoids. La cuve une fois dégagée, on peut la détacher du bâti.

25° **Pétrin « Artofex » système Æschbach.** — Dans ce système de pétrin (fig. 138), le pétrissage est obtenu au moyen de deux bras d'acier étamé supportant : l'un une sorte de fourche à deux dents, légèrement recourbées de bas en haut; l'autre, une espèce de cuiller ovoïde évidée, munie d'un talon inférieur et d'une dent relevée à sa partie avant. Ces deux bras sont reliés entre eux à leur partie supérieure par une articulation, et, en outre chacun deux est articulé, vers sa partie médiane avec un bouton de manivelle, animé d'un mouvement circulaire continu. Le bras de droite est muni d'une crémaillère qui permet de remonter ce bras à la hauteur convenable; on le fixe ensuite au moyen d'une vis, et ce réglage peut se faire même l'appareil étant en marche. Les deux manivelles tournent avec la même vitesse angulaire et en sens inverse l'une de l'autre; les organes pétrisseurs travaillent dans deux plans, parallèles lorsque les deux bras sont allongés; ils partent en descendant le long des parois de la cuve, et se croisent vers la partie centrale en frôlant le fond. Les cuves sont de dimensions variables; elles sont de forme cylindrique et construites en acier embouti, agrafé, soudé à l'autogène, et étamé; il existe 13 tailles de cuves contenant depuis 30 jusqu'à 600 kilogs de pâte. La cuve est entrainée mécaniquement d'un mouvement rotatif, mais un débrayage permet de laisser la cuve libre à volonté. Le travail se fait généralement de la manière suivante : les deux bras étant allongés on prose pendant trois minutes; puis après deux minutes de repos, ont relève le bras muni de la crémaillère, et on travaille à nouveau pendant deux minutes encore.

Ce pétrin travaille parfaitement la pâte; la marche de l'appareil est tout à fait silencieuse, et le système de graissage est combiné pour que l'huile ne puisse pas venir souiller la pâte travaillée.

26° ***Pétrin universel Lips.*** — Dans ce système, le pétrissage est encore obtenu au moyen de deux fourches à trois dents recourbées, montées à l'extrémité de deux bras, qui re-

çoivent un mouvement tel que les deux fourches se déplacent l'une devant l'autre dans un plan vertical, en décrivant une courbe analogue à une ellipse. Les dents des fourches s'enchevêtrent dans une partie de leur course ; pendant l'autre partie, elles frôlent le fond de la cuve, en partant des bords et en dépassant le centre. La durée du pétrissage est de huit minutes environ. La cuve est cylindrique avec fond sensiblement sphérique ; elle peut basculer dans le plan vertical, pour faciliter l'enlèvement de la pâte.

27° ***Pétrin Roger***. — La cuve est hémisphérique, en fonte ; elle est montée sur six galets et reçoit pendant le travail un lent mouvement de rotation. Les organes pétrisseurs sont au nombre de quatre : aux deux extrémités d'un diamètre de la cuve, sont disposés deux allongeurs formés chacun d'un bras courbe, ayant à peu près la longueur du quart de la circonférence, inscrite dans la cuve ; ces deux allongeurs ont tous deux le même sens de rotation et la même vitesse angulaire ; dans leur mouvement de rotation, ils se rapprochent vers le quart inférieur et antérieur de leur course, pour s'écarter au contraire au maximum à la partie supérieure. En outre, au centre de la cuve, sont disposés deux fraseurs, en forme de losange, placés verticalement, et tournant en sens inverse l'un de l'autre, avec la même vitesse angulaire. Au début du travail, on fait fonctionner à la fois les allongeurs et les fraseurs, puis on termine avec les allongeurs seulement. On peut, pour dégager complètement la cuve, remonter les fraseurs, et arrêter les allongeurs à la partie supérieure de leur course.

EXPÉRIENCES DU SYNDICAT DE LA BOULANGERIE DE PARIS SUR LE PÉTRISSAGE MÉCANIQUE ET SUR LE PÉTRISSAGE A BRAS

Nous venons de décrire un grand nombre de pétrins mécaniques ; mais, pour juger le travail que ces appareils sont capables de faire, il faut les voir à l'œuvre, et, pour pouvoir les comparer, il faut les faire opérer dans des conditions rigoureusement identiques. Comprenant la modification profonde qui se préparait pour l'industrie de la boulangerie ; voulant ren-

seigner ses adhérents sur la valeur des machines offertes par l'industrie; voulant en outre éclairer le public tout entier sur la valeur réelle du procédé de pétrissage mécanique, comparé à l'ancien procédé de pétrissage à bras, le Syndicat de la Boulangerie de Paris institua, en 1908-1909, une grande expérience, ouverte à tous les constructeurs, et placée sous le patronage du Ministre de l'Agriculture et de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale. Quatorze des pétrins précédemment décrits prirent part à ces expériences ; ils exécutèrent chacun deux pétrissées : la première, sous la direction de l'inventeur devant produire toute la pâte pouvant être fabriquée au moyen de 60 kilogrammes d'eau et de la farine nécessaire, la seconde sous la direction de la Commission chargée du contrôle des expériences et comportant invariablement :

Farine.....	110 kilogrammes.
Eau à 30°-34°	60 —
Levure	1kg,100
Sel	1kg,650
Total	172kg,750 de pâte.

Pour faciliter les choses, tout le travail fut fait sur levure. La pâte servit à préparer des pains et ces pains furent cuits, de sorte que le jugement des appareils put porter, non seulement sur la façon dont la pâte était travaillée, mais encore sur la qualité du pain obtenu.

La Commission chargée du contrôle des expériences s'adjoignit à titre d'experts un certain nombre de boulangers de Paris, choisis parmi les praticiens les plus expérimentés, les uns possédant un pétrin mécanique, les autres n'en faisant pas usage. Les appareils essayés furent examinés et cotés sous les points de vue suivants :

1° Travail de la pâte ;
2° Commodités pour l'ouvrier boulanger ;
3° Risques d'accident ;
4° Facilité de sortir la pâte de la cuve ;
5° Facilité de nettoyage des pièces travaillantes ;
6° Bruit produit par l'engin ;
7° Possibilité de faire des levains ;

8° Aspect du pain fabriqué.

Enfin les pains cuits étaient pesés immédiatement à la sortie du four, et une seconde fois le lendemain, après quatorze heures de défournement, pour déterminer les deux rendements. En même temps que l'on faisait ces expériences de pétrissage mécanique, il était procédé à des pétrissées de comparaison, à bras : deux séries d'expériences furent faites : les premières, avec les données indiquées plus haut et qui ont donné une pâte très ferme difficile à travailler; les secondes, avec une quantité de farine un peu moindre (102 kilogrammes de farine pour 60 kilogrammes d'eau) et donnant une pâte assez semblable à celle qui est fabriquée couramment par la Boulangerie de Paris.

Les différents points notés plus haut, dans l'examen des pétrins, étaient cotés de 0 à 20; la Commission a relevé dans le travail des pâtes des différences sensibles selon les différents systèmes, différences qui se sont traduites par des notes allant de 10 à 19. « Il est cependant curieux, disent les conclusions du rapport, de constater que toutes les pâtes ont donné un beau pain, qui ne le cédait en rien à celui obtenu par le pétrissage à bras, duquel, d'ailleurs, il ne peut être différencié, même par des personnes très habituées à ce genre d'examen ». Les différentes phases du pétrissage, que nous avons décrites précédemment, frasage, soufflage, patonnage, perdent donc de leur importance dans le travail à la mécanique, puisque la Commission a pu constater que, si certains des pétrins mécaniques ne reproduisaient pas toutes ces phases, ils n'en fournissaient pas moins une belle pâte et un beau pain. Ces différentes périodes, déterminées au cours du pétrissage, sont surtout faites pour permettre à l'ouvrier de faire un effort moins considérable, en fractionnant la pétrissée; la machine, au contraire, plus puissante, peut soulever toute la masse de pâte d'un seul coup. On peut conclure que « *le pain fabriqué mécaniquement est identique, comme aspect, au pain que fournit un pétrissage à bras bien conduit.* »

Les pesées des pains, faites comme nous avons dit plus haut, en vue de déterminer les rendements, ont donné les résultats suivants :

	TRAVAIL SUR PÂTE			
	RAIDE.		DOUCE.	
	A la sortie du four.	Après 15 heures de défournement.	A la sortie du four.	Après 15 heures de défournement.
Travail mécanique.				
Rendement minimum en pain de 100 kilogrammes de farine.....	132.400	129.360	131.430	130.470
Rendement maximum en pain de 100 kilogrammes de farine.....	137.110	133.620	137.410	133.210
Rendement moyen en pain de 100 kilogrammes de farine.....	134.950	131.640	135.530	131.710
Travail à bras.				
Rendement moyen en pain de 100 kilogrammes de farine.....	136.180	131.570	135.080	132.560

On voit, en comparant les chiffres indiquant les rendements de pain à froid, par le travail mécanique et par le travail à bras, que 100 kilogrammes de farine donnent dans les deux cas une quantité identique de pain. Le travail mécanique et le travail à bras bien exécuté sont sur ce point équivalents, et, si le travail au moyen du pétrin mécanique peut assurer un rendement en pain plus grand que le travail à bras, cela tient à ce que l'ouvrier boulanger, par suite de la fatigue professionnelle, ne donne pas toujours le maximum d'effort correspondant à l'hydratation maxima de la farine, tandis que le pétrin mécanique au contraire donne toujours et régulièrement le travail maximum.

Au cours de ces expériences de panification, les pétrins n'ont pas été étudiés seulement, comme nous venons de le voir,

au point de vue de la fabrication du pain et des commodités qu'ils offrent pour cette fabrication ; ils ont été encore examinés au point de vue de leur construction mécanique et de la dépense de force que nécessite leur fonctionnement. Ces essais ont été faits à la Station d'essais de machines par M. Ringelmann, qui a expérimenté les pétrins en les faisant fonctionner une première fois à vide, et une seconde fois en charge : on a fait une pétrissée, toujours la même pour tous les appareils, suivant les données indiquées tout à l'heure.

On a ainsi déterminé pour chacune des minutes que durait le pétrissage :

Les kilogrammètres employés ;

La puissance moyenne en kilogrammètres par seconde; et pour l'ensemble de l'opération :

Le nombre total des kilogrammètres employés.

L'essai, fait à vide, donnait la résistance des mécanismes, cette dernière étant influencée surtout par l'ajustage de la machine.

Le travail exigé minute par minute au cours d'une pétrissée n'est pas constant; partant d'un minimum, au début de l'opération, il s'élève plus ou moins rapidement selon les systèmes, pour atteindre un maximum, après lequel il reste stationnaire ou décroît très lentement jusqu'à la fin de la pétrissée. Le travail ne part pas de zéro, justement à cause de la résistance qui est opposée par le mécanisme. On peut clairement exprimer ces résultats, comme l'a fait M. Ringelmann, en représentant par une courbe le travail mécanique nécessaire à un pétrin quelconque. On porte en abscisses des longueurs représentant les temps, et en ordonnées des longueurs indiquant les kilogrammètres dépensés, correspondant à chacun des temps ; en joignant tous ces points, on obtient une courbe, dont la surface représente le travail total pour la pétrissée (fig. 139). La courbe ne part pas de *o*, mais bien d'un point *b*, et la longueur *ob* est moins grande, quand la construction mécanique de l'appareil considéré est plus parfaite ; la courbe s'élève ensuite pour atteindre un maximum en *d*, point qui correspond au moment où toute la farine est agglomérée en pâte ; c'est à ce moment que le pétrin devra fournir l'effort le plus considérable.

Puis la courbe redescend lentement, en *f* jusqu'à la fin du travail, pendant tout le temps que durent le malaxage, l'allongement et le soufflage. Le travail mécanique total, nécessité par une pétrissée, est représenté par la surface *obdfa*, mais le travail utile est seulement représenté par *bdfg*, le rectangle *obga* représentant le travail à vide; on voit donc combien il est nécessaire de réduire ce travail le plus qu'il est possible.

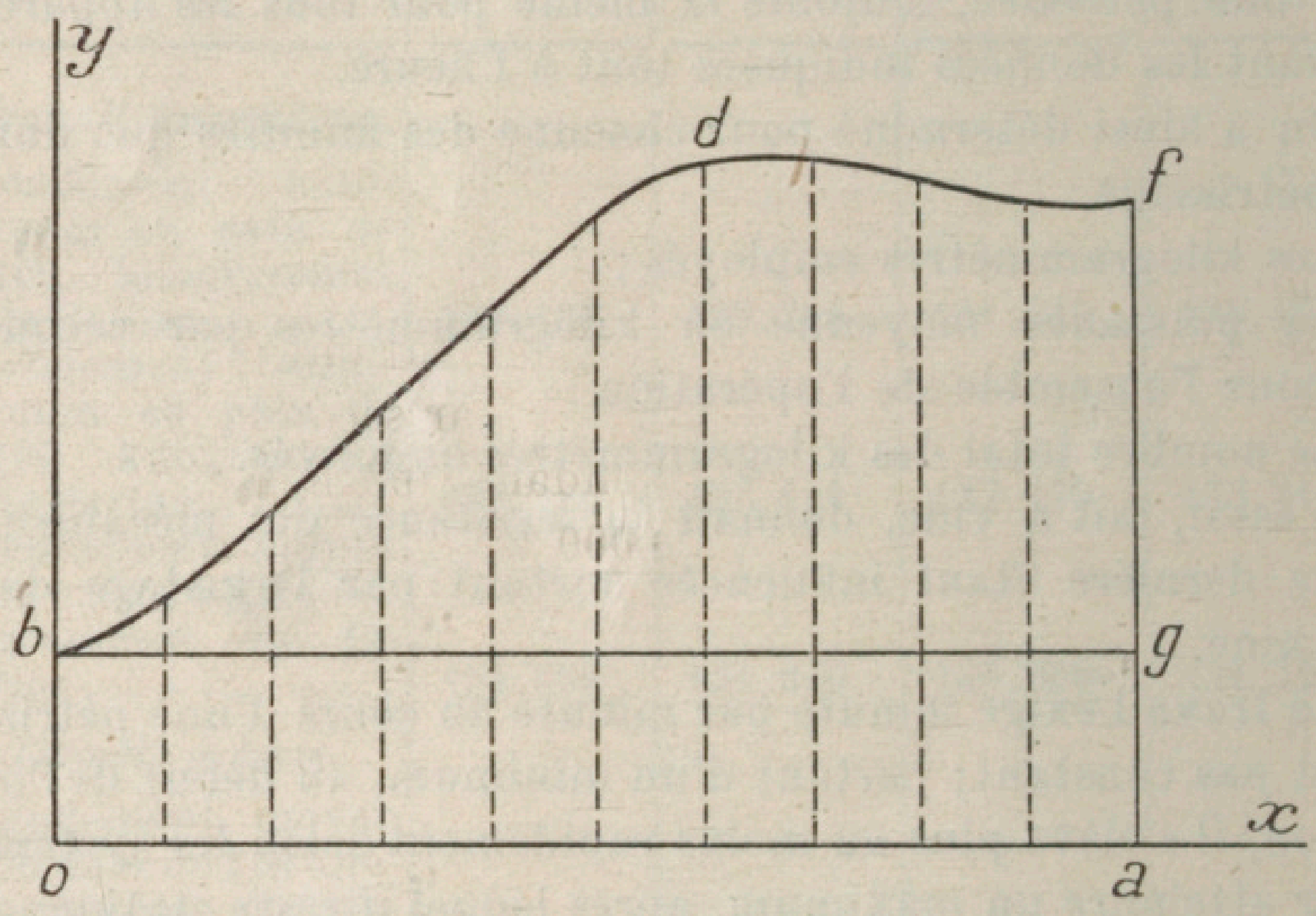


Fig. 139. — Courbe représentant le travail mécanique du pétrissage.

Dans les essais effectués à la Station d'essais de machines, les chiffres extrêmes constatés ont été de :

Travail mécanique à vide...	1,75 à 32^{kgm},42 par seconde.
Travail mécanique total nécessaire.....	19.476 à 183.380 kgm. par sec.
Puissance maximum.....	0,41 à 5 chevaux-vapeur.
Temps utile employé.....	6 à 15 minutes.

Il est intéressant de noter que les pétrins ayant le mieux travaillé la pâte ont exigé de 43 000 à 58 000 kilogrammètres pour préparer 172^{kg},75 de pâte ferme ; mais, comme tous les pains produits ont été déclarés beaux et bons, on peut adopter les chiffres minimum qui ont été de 17 000 kilogrammètres utiles, ou de 20 000 kilogrammètres, pour le travail total et

dire que c'est là la quantité de travail nécessaire pour fabriquer la quantité de pâte considérée.

Ces chiffres sont très importants par ce qu'ils permettent de calculer les frais du travail, de transformer les kilogrammètres en watts qui passent au compteur, ou en litres de gaz ou de pétrole. M. Ringelmann prend quatre exemples de pétrins absorbant chacun pour effectuer une pétrissée :

Le pétrin A.....	30.000	kilogrammètres.
— B.....	33.000	—
— C.....	50.000	—
— D.....	59.000	—

en supposant que l'appareil soit mû au moyen d'un moteur électrique. Les moteurs de ce genre, fournissant une puissance d'un cheval-vapeur ou 75 kilogrammètres par seconde, nécessitent environ 11 hectowatts-heure. Pendant une heure, le moteur d'un cheval-vapeur fournit 270 000 kilogrammètres avec une dépense de 11 hectowatts-heure ou 11 000 watts-heure, ce qui représente une dépense d'électricité à Paris de 0 fr. 33 (l'électricité pour force motrice étant payée à raison de 0 fr. 03 l'hectowatt-heure) ; 1 000 kilogrammètres représentant une dépense de 4 watts-heure valant 0 fr. 0012 ou, avec un moteur moins bon de 5 watts-heure, valant 0 fr. 0015, la dépense sera donc pour les différents exemples choisis :

PÉTRIN.	WATTS-HEURE.	DÉPENSE.
A.....	120 à 150	$0^{fr},036$ à $0^{fr},045$
B.....	132 à 165	$0^{fr},0396$ à $0^{fr},0495$
C.....	200 à 250	$0^{fr},06$ à $0^{fr},075$
D.....	236 à 295	$0^{fr},0708$ à $0^{fr},0885$

On voit que cette dépense est, somme toute, faible ; qu'elle est très inférieure à celle qui est nécessitée par le pétrissage à bras ; mais il ne faut pas oublier que la première ne remplace pas la seconde, et qu'il faut toujours un ouvrier boulanger connaissant bien son métier pour faire fonctionner et pour surveiller le pétrin mécanique. On pourrait être tenté, en prenant

seulement en considération les questions de consommation des kilogrammètres, de donner la préférence au pétrin qui dépense le moins; mais, si cette remarque a sa très grande importance, si l'on est en droit de diminuer le plus possible le coût de l'opération, il faut également faire entrer en ligne de compte la commodité du travail, le bruit, la plus ou moins grande chance d'éviter les accidents, etc....

Pour résumer toute cette étude sur le pétrissage mécanique, on voit que maintenant ce mode de travail nouveau, ou relativement nouveau, a été étudié à fond, que les constructeurs ont des bases sérieuses d'expérimentation pour combiner leurs appareils, et que la boulangerie peut employer le pétrin mécanique sans tâtonnements, pour le plus grand repos de l'ouvrier, la plus grande tranquillité du patron et la plus grande satisfaction du consommateur.

CHAPITRE XI

FERMENTATION PANAIRE

AGENTS DE CETTE FERMENTATION
LA MATIÈRE FERMENTESCIBLE
ET LES PRODUITS DE LA FERMENTATION

PRATIQUE DE LA FERMENTATION
TOURNAGE DES PAINS
PROCÉDÉS DE PANIFICATION CHIMIQUE

LA FERMENTATION PANAIRE

Le produit donné par le pétrissage est une pâte lourde et compacte, qui serait d'une digestion très difficile ; il faut, par une nouvelle opération, changer ce produit en une pâte légère, toute parsemée de cavités plus ou moins grandes; cette pâte, se laissant maintenant pénétrer aisément par les sucs digestifs de la bouche et de l'estomac, pourra être digérée sans peine : pour obtenir ce résultat, il faut faire lever la pâte, et cette transformation est le résultat de la fermentation à laquelle on soumet la pâte avant la cuisson.

Historique. — Cette pratique de la fermentation de la pâte a été suivie depuis un temps immémorial, mais l'explication des faits produits a bien longtemps passé inaperçue ; c'est que les phénomènes dont nous parlons maintenant mettent en jeu les infiniments petits que les découvertes de Pasteur ont seules permis de connaître avec certitude. La vérité avait cependant déjà été aperçue, puisque Malouin, en 1760, considérait la fermentation panaire comme une « fermentation spiritueuse ». Puis on considéra la fermentation de la pâte, comme une fermentation spéciale, dans laquelle le gluten jouait

le rôle le plus important. Thénard, à son tour, rejeta cette idée et ne vit dans les phénomènes en cause qu'une fermentation spiritueuse accompagnée d'une fermentation acide. Dumas donna en 1843, dans son Traité de chimie appliquée aux arts, une théorie de la panification ainsi exposée :

« Le délayage de la farine avec l'eau hydrate l'amidon et le gluten, dissout le sucre, l'albumine et quelques autres matières solubles.

Le pétrissage de la pâte, en complétant ces réactions par un mélange plus intime, détermine ainsi la fermentation du sucre, en établissant un contact exact des globules de levure avec la solution sucrée; l'interposition de l'air, par suite de l'étirage, contribue à favoriser la fermentation, comme à diviser et alléger la pâte.

La pâte distribuée et tournée en pain est maintenue à une température douce par la chaleur du fournil, dans les replis de la toile ou dans les pannetons doublés, où l'on conçoit que ces circonstances favorisent le développement de la fermentation.

C'est surtout alors que le volume de toutes les petites masses de pâte augmente graduellement, car, dans tous les points où le produit gazeux de la décomposition du sucre, l'acide carbonique, se trouve enveloppé d'une pâte visqueuse dont le gluten lie les divers éléments, il reste emprisonné, s'accumule dans les cavités où il pénètre et qu'il agrandit.

Si on laissait continuer trop longtemps ces phénomènes, l'excès de gaz interposé diminuerait trop la consistance de la pâte : il faut donc saisir le moment où le gonflement est au terme convenable pour arrêter la dissolution de la pâte en la mettant au four. Aussitôt après l'enfournement, une brusque élévation de température dilate les gaz interposés et vaporise une partie de l'eau. Elle arrête la fermentation, fait gonfler toute la surface amylacée. Elle opère ainsi une adhérence plus intime entre toutes les parties hydratées, telles que l'amidon, le gluten, l'albumine, etc... et retient latente, solidifiée, l'eau qui les pénètre.

La fermentation d'une petite dose de sucre est donc un phénomène nécessaire de la panification ; mais la dose en est

si petite qu'elle échappe presque au calcul. On peut poser en fait que l'acide carbonique, développé par cette fermentation, demeure tout entier dans le pain, et qu'il y occupe à peu près la moitié du volume du pain lui-même à la température de la cuisson, c'est-à-dire à 100°. Il résulte de là qu'il ne faut pas en sucre 1/100e du poids de la farine pour produire le gaz carbonique nécessaire à la production d'un pain bien levé».

Cette théorie de Dumas était très simple, très claire, et montrait que la petite quantité de sucre, contenue dans la farine, était suffisante pour faire lever la pâte par fermentation; mais cette théorie parut bientôt trop simple et on voulut trouver la matière fermentescible, non plus dans le sucre qui se trouve dans la farine en bien faible proportion, mais au contraire dans l'amidon qui s'y trouve en grande abondance. Mège-Mouriès, de 1853 à 1860, tenta de démontrer d'abord que la céréaline, le ferment soluble contenu dans les enveloppes du grain, était capable de transformer l'amidon en dextrine, la dextrine en glucose, et le glucose en acide lactique et même en acide butyrique, à la suite d'un contact suffisamment prolongé. Puis, la farine blanche ne contenant que très peu ou même pas du tout de céréaline, Mège-Mouriès fait entrer en jeu le gluten et la « caséine » que contient la farine, et qui agissent comme ferments sur l'amidon, le transformant en dextrine, puis en glucose, et enfin en alcool et en acide carbonique. Pendant la panification, on verrait donc la céréaline et le gluten agir en antagonistes l'un de l'autre : la céréaline tendrait à acidifier la pâte et par suite à la liquéfier; le gluten tendrait à dégager l'acide carbonique pour faire lever le pain. L'action du gluten serait rendue prépondérante par l'addition de levure, l'établissement d'une fermentation alcoolique vive permettant de neutraliser le mauvais effet de la céréaline.

Ce dernier point répondait aux préoccupations de Mège-Mouriès qui, poussé par une idée philanthropique, cherchait le moyen de faire entrer dans les produits panifiables les matières azotées et minérales apportées par le son, et qui proposait dans ce but, pour entraver l'action funeste de la céréaline et la production de pain bis, le salage de la pâte, l'introduction de gruaux bis en fin de travail, etc. Nous avons

vu comment la démonstration de la non-digestibilité des produits corticaux a rendu inutiles les efforts de Mège-Mouriès.

En ce qui concerne la fermentation panaire, on a retenu seulement, des idées apportées par Mège-Mouriès, la saccharification de l'amidon, qui est transformé, et encore dans une bien faible mesure, non pas en glucose, mais en maltose, comme l'a montré Dubrunfaut. D'autres travaux augmentèrent encore l'obscurité de la question, si bien que, en 1883, Duclaux pouvait dire que l'importante question de la fermentation panaire était à reprendre depuis ses origines.

Les agents de la fermentation panaire. — Différents auteurs, appliquant au sujet qui nous préoccupe les méthodes de la bactériologie, ont recherché sous le microscope les organismes qui vivent dans la pâte levée. Cette recherche n'est pas sans présenter quelques difficultés, à cause du très grand nombre des grains d'amidon que l'on trouve et de la petite proportion, au contraire, que l'on peut relever d'êtres microscopiques. Pour faciliter les recherches, on peut employer la méthode indiquée par M. Dünnenberger, et qui consiste à colorer les cellules vivantes par les couleurs d'aniline. On dépose sur une lamelle une goutte d'eau contenant un peu de la pâte à examiner, soigneusement délayée ; après dessiccation, on colore avec une solution de méthyl violet dans l'eau d'aniline. On immerge un moment dans l'alcool pour enlever l'excès de matière colorante ; on lave à l'eau, on laisse sécher et on examine dans le baume de Canada. Les microorganismes se montrent avec une coloration foncée, tandis que les grains d'amidon restent à peu près complètement incolores.

Engel a trouvé ainsi, dans les levains de boulangerie, une espèce de levure, de forme sphérique, plus petite que la levure de bière, et qu'il a désignée sous le nom de *Saccharomyces minor*.

Peters a également isolé dans les levains, à côté d'une espèce se rapprochant de la précédente, une autre espèce, le *Saccharomyces mycoderma*, incapable de produire la fermentation alcoolique du sucre, et qui, se multipliant surtout à la surface des levains, doit être plutôt considéré comme une impureté. Enfin le même auteur a encore rencontré, mais non pas d'une

manière constante, une levure analogue à la levure de bière, le *S. cerevisiæ*, mais qu'il considère comme introduite intentionnellement par le boulanger, et par suite comme n'étant pas un élément normal du levain.

M. L. Boutroux, voulant élucider la question de savoir si la levure se rencontre toujours et forcément dans les levains, fit l'étude de pâtes n'ayant pas reçu artificiellement de levure depuis très longtemps. Il a choisi d'abord le levain employé pour la fabrication du pain de seigle dans une ferme, où le pétrissage était fait une fois par semaine, en utilisant comme levain une petite portion de la pâte provenant de l'opération précédente. L'étude de ce levain fut faite par la méthode de l'ensemencement, l'examen direct n'ayant pas décelé trace de levure, ce qui montre tout d'abord sa grande rareté dans le levain examiné. Cette méthode permit de trouver quatre *Saccharomyces*, dont deux levures et deux autres sans pouvoir fermentatif (dont l'un était le *Mycoderma vini*). L'une des deux levures a pu être identifiée avec le *S. minor*. Une troisième espèce de levure fut encore découverte dans ce même levain, examiné à nouveau deux années plus tard.

M. Boutroux examina ensuite le levain employé à la fabrication du pain dans la manutention de Besançon où l'on n'ajoutait jamais de levure. Ici encore l'auteur a pu isoler trois espèces de levures, dont deux analogues aux précédentes et une appartenant aux *Saccharomyces* qui forment voile, au-dessus des cultures.

D'autres recherches, poursuivies par le même auteur sur un levain liquide, employé en Écosse pour la préparation du pain, levain fait avec du malt, de la farine, du sucre, et de l'eau, ensemencé avec un vieux levain semblable, et jamais avec addition volontaire de levure, ont encore abouti à la découverte de levures capables de développer dans un moût sucré une active fermentation alcoolique.

Il résulte donc des observations précédentes, que la levure est un élément normal des levains, employés dans la fabrication du pain ; mais est-ce bien le seul?

Lorsqu'on examine des levains, on trouve toujours, en effet, à côté des levures, un certain nombre de bactéries :

M. Chicandard a isolé un bacille, le *Bacillus glutinis*, considéré par lui comme l'agent de la fermentation panaire.

M. Laurent a décrit de même un autre bacille, sous le nom de *Bacillus panificans*.

M. Peters a pu isoler à l'état pur 5 espèces de microorganismes extraites des levains :

1° *Bacterium A*, ne donnant pas de spores, ne solubilisant ni l'albumine, ni l'amidon ;

2° *Bacterium B*, mobile, dissolvant faiblement l'amidon et nullement l'albumine ; produisant de l'acide lactique en culture dans un bouillon sucré ;

3° *Bacterium C*, surtout abondant dans les levains anciens acidifiés, transformant l'alcool en acide acétique ;

4° *Bacillus D* : bâtonnets mobiles, voisins du *B. subtilis*, formant des spores, dissolvant l'amidon et pas la gélatine ;

5° *Bacillus E* : bâtonnets mobiles formant des spores, se développant dans le milieu gélatine, amidon soluble, peptone extrait de viande, et liquéfiant la gélatine. Ce bacille produit des diastases qui dissolvent le blanc d'œuf cuit : il dissout également l'amidon.

M. Popoff a extrait de la pâte de pain un bacille anaérobie, qui, dans une solution de sucre et de peptone, produit une fermentation avec dégagement de gaz et formation d'acide lactique.

M. Vignal a trouvé dans la farine le *Bacillus mesentericus vulgatus* de Flugge, qui sécrète des diastases intervertissant le sucre, saccharifiant l'amidon cuit, coagulant le lait, dissolvant la caséine, l'albumine cuite, la fibrine, la gélatine, et dissociant les fibres végétales sans attaquer les membranes cellulaires, et sans saccharifier l'amidon cru.

M. Wolffin a isolé dans le pain bis le *Bacillus levans mobile*, facultativement anaérobie, ne donnant pas de spores, ne liquéfiant pas la gélatine, donnant dans le bouillon sucré une fermentation vive, avec production d'hydrogène et d'acide carbonique, et de divers acides. Ce bacille est analogue au *B. colicommunis*.

Henneberger a isolé dans la pâte, d'une part des levures, et d'autre part deux bacilles : le premier est le *Bacillus lactis*

acidi de Leichmann, qui attaque très facilement le maltose, et le second, le *Bacillus panis fermentati*. Ce dernier, qui est un bâtonnet de 1μ,6 à 2μ,4 de longueur sur 0μ,5 à 0μ,8 de largeur, attaque les différents sucres en produisant avec dégagement gazeux de l'alcool et de l'acidité.

Holliger, étudiant des pâtes obtenues en mélangeant de l'eau et de la farine, et en abandonnant le tout à la fermentation spontanée, a trouvé différents bacilles, dont un très semblable au *Bacterium coli*, faisant bien fermenter les sucres comme le glucose et le galactose. En outre, la pâte ensemencée de levure pressée ou de levain acide, a montré de très nombreux ferments lactiques, dont l'un, le *Bacillus acidificans longissimus* de Lafar, est un ferment très énergique. Le rôle de ces ferments lactiques peut être, à un certain point de vue utile, en empêchant le développement de microbes apportés par la farine.

M. L. Boutroux, enfin, étudiant la farine même et non plus la pâte, y a trouvé deux bacilles et une bactérie qu'il a appelés α, β, et γ. Le premier, donnant des spores et des filaments contournés, dissout le gluten cuit, saccharifie l'empois d'amidon, sans altérer le glucose. Son action semble préparer la farine à subir la fermentation : si on ensemence de cette bactérie une pâte liquide, d'eau et de farine, et stérilisée, si on ajoute après quelques jours une levure pure, on obtient une fermentation alcoolique, tandis que le même milieu, ensemencé d'emblée avec la levure, ne donne lieu à aucune fermentation.

Le bacille β ressemble au précédent, mais, après avoir saccharifié l'amidon, il le fait fermenter en produisant un dégagement gazeux.

La bactérie γ a été extraite du son ; semée dans un mélange de bouillon de levure, glucose et craie, elle se développe péniblement, sous la forme microcoque, et en donnant un lent dégagement gazeux.

Reste maintenant à savoir quel est le rôle joué par chacun de ces organismes pendant la fermentation panaire. La question est difficile à résoudre, car on ne peut pas stériliser la farine pour ensemencer ensuite chacun des êtres que nous venons de décrire.

Cependant, Peters a tenté la stérilisation de la farine, en chauffant cette dernière en couche mince, au moyen de chaleur sèche : la farine est placée par fractions de 10 grammes dans des flacons d'Erlenmeyer, et maintenue pendant vingt-quatre heures dans un bain de paraffine à 115°-120°. Dans ces conditions, la farine ne subit pas de saccharification sensible ; elle n'est pas non plus sensiblement altérée sans pouvoir cependant donner une véritable pâte en mélange avec de l'eau distillée. Si on ensemence dans cette farine convenablement humidifiée les bactéries isolées par Peters, on n'obtient pas de fermentation semblable à la fermentation panaire; on voit précisément le contraire se produire si l'on vient à ensemencer une levure, dans les mêmes conditions.

Désireux de ne modifier en aucune façon les qualités de la farine, M. Boutroux a tourné la difficulté d'une autre manière. Il s'est préoccupé de déterminer quels étaient les organismes capables de se reproduire et de subsister après plusieurs passages de pâte à pâte : une pâte, étant faite avec de la farine et de l'eau, est ensemencée avec le microorganisme qu'il s'agit d'étudier ; la pâte lève; cette pâte peut servir à ensemencer une nouvelle pâte, et ainsi de suite. On peut ainsi déterminer les agents capables de former des levains. Pour apprécier la manière dont la pâte levait, on faisait usage d'un *tube à pâton* : un tube de verre, ouvert aux deux bouts, reçoit un pâton de 10 grammes que l'on bourre à ses deux extrémités avec une baguette de verre, de manière à bien lui faire prendre la forme cylindrique ; la position des deux extrémités du cylindre de pâte est marquée sur le tube ; puis, le tube étant fermé par deux bouchons traversés par un petit tube rempli de coton, le tout est placé à l'étuve à 34° ; la fermentation achevée, la mesure de la longueur occupée par le pâton permet d'apprécier le gonflement de façon suffisante. Dans ces conditions, une bonne levure, même après 14 ensemencements successifs, assurait toujours une bonne levée de la pâte.

Les levures qui ne provoquent que des fermentations lentes dans les moûts sucrés, traités comme il vient d'être dit, ne sont pas capables de constituer un levain transmettant ses propriétés de pâte à pâte.

Avec les bactéries, les expériences sont également peu satisfaisantes : certaines bactéries ont pu faire lever la pâte, mais cette propriété a disparu après deux ou trois ensemencements.

On peut également montrer que l'action de la levure suffit pour provoquer la levée de la pâte sans qu'il y ait besoin de l'aide des bactéries pour atteindre ce résultat. Dans ce but, comme il est impossible de priver la farine de toute bactérie, il faut s'arranger pour rendre le milieu défavorable au développement de ces organismes, tout en le laissant convenable pour la levure ; on parvient au résultat cherché en ajoutant à la pâte des doses convenables d'acide tartrique. Ces expériences faites par Dünnenberger ont été reprises par M. Boutroux, et ont donné les mêmes résultats favorables pour la levure qu'avaient déjà donnés les expériences précédentes.

On doit donc admettre que les levains employés en boulangerie sont formés principalement de levure, mais accompagnés toujours de bactéries. Si ces bactéries ne jouent pas un rôle direct et important, elles peuvent cependant intervenir d'une façon indirecte en donnant du sucre par transformation d'une petite partie de l'amidon de la farine ; elles agiraient donc comme des auxiliaires de la levure ; en outre, ces bactéries peuvent provoquer par une fermentation modérée, presque insensible, des changements dans la saveur du pain et contribuer à donner un produit plus goûté de la clientèle que le pain obtenu avec la levure seule. Par contre, d'autres bactéries, conduisant à des doses acides trop élevées, gênent la levée de la pâte, produisent un pain lourd, et par suite sont des ferments franchement nuisibles.

Les conclusions des études de M. Boutroux sont les suivantes :

1° La levure alcoolique est toujours présente dans le levain de pain ;

2° Elle s'y cultive de pâte à pâte en s'y multipliant assez pour qu'on puisse prendre pour semence primitive une trace impondérable de levure, et, après culture de pâte en pâte, retrouver cette levure en tout point d'une masse quelconque de pâte ensemencée ;

3° Les autres microorganismes, trouvés dans la pâte, et

auxquels on pourrait attribuer hypothétiquement le pouvoir de la faire lever, cultivés de pâte en pâte, cessent de faire lever la pâte dès le second ou le troisième passage ;

4° L'acide tartrique, employé à dose tolérable pour la levure, mais suffisante pour rendre impossible le gonflement de la pâte sous l'influence des microbes que contient naturellement la farine, n'empêche pas de lever la pâte additionnée de levure, ni la pâte additionnée de levain, soit que celui-ci ait été préparé avec de la pâte neutre, soit qu'il ait été préalablement cultivé de pâte acide en pâte acide.

Le simple mélange d'eau et de farine contient des microorganismes qui peuvent le faire gonfler; mais, si le mélange devient acide, le gonflement ne peut plus se produire que si l'acidité ne dépasse pas une certaine limite. Au contraire, le mélange d'eau, de farine et de levure lève,même en présence d'une proportion d'acide qui dépasse de beaucoup cette limite. Donc en pâte acide, ensemencée avec de la levure, c'est cette levure, et non aucun des microorganismes de la farine, qui produit la fermentation. Quand la pâte n'est pas acide, le pouvoir de la levure n'en est pas diminué; seulement d'autres microorganismes se développent en même temps qu'elle ; mais ces derniers sont incapables de fournir un levain cultivable de pâte à pâte, ce que peut faire la levure. Donc, dans tous les cas, c'est la levure qui produit la fermentation.

Certains microorganismes peuvent également faire lever la pâte, mais, dans un levain obtenu à l'origine par un mélange de levure, de farine et d'eau, la levure est l'agent essentiel et unique de la fermentation proprement dite. Si quelque bactérie peut y exercer un rôle utile, ce ne pourrait être que dans la préparation de la matière fermentescible, par exemple dans la production du sucre. Mais encore faudrait-il admettre que cette bactérie supporte les fortes acidités mentionnées ci-dessus, supposition qui n'est jusqu'ici autorisée par aucune donnée expérimentale ».

La matière fermentescible, et les produits de la fermentation. — D'après ce que nous venons de voir, nous pouvons conclure que les matières subissant la fermentation dans la farine, sont les sucres préalablement contenus dans

cette farine ; auxquels, peut-être, convient-il d'ajouter une petite quantité de sucre formé par saccharification de l'amidon, pendant la fermentation même; mais cette saccharification, si même elle existe, n'a qu'une importance tout à fait secondaire.

Si la fermentation panaire est bien une fermentation alcoolique effectuée par de la levure sur les sucres de la farine, on doit trouver dans la masse de pâte fermentée les produits qui naissent normalement de toute fermentation alcoolique : l'alcool et l'acide carbonique.

Les mesures les plus précises ont été faites à ce sujet par Aimé Girard : 5 kilogrammes de pâte ont été pétris sur levure, après avoir vérifié que cette levure ne contenait pas trace appréciable d'alcool. Les pains obtenus, arrivés au point de fermentation où ils auraient été bons à enfourner, ont été rapidement malaxés dans l'eau pour l'élimination du gluten. Les eaux amylacées traitées par un grand excès de sous-acétate de plomb, ont été filtrées sur toile, le résidu pressé et les eaux claires recueillies. De ces eaux, un volume correspondant à 2 kilogrammes de pain ($4^{l},400$) a été distillé doucement, de manière à donner 1 litre de phlegme. Par des distillations successives, ce phlegme a été amené au volume de 30 centimètres cubes dans lesquels Aimé Girard a reconnu la présence de 6 centimètres cubes d'alcool. Cet alcool a pu, par fractionnement, être extrait en partie à l'état de pureté, retenant cependant une essence très volatile, jaunâtre, qui lui communiquait une odeur rappelant celle de l'alcool de grains.

La même expérience, faite dans les mêmes conditions sur de la pâte pétrie sur levain, a donné pour 2 kilogrammes de pâte $6^{cc},6$ d'alcool.

En second lieu, Aimé Girard a analysé les gaz produits par la fermentation. La pâte ayant été pétrie, on en a fait de petits pains, qui, pour pouvoir être maniés facilement, ont été logés dans des cylindres en toile métallique. Puis, à différents moments de leur fermentation, ces pains ont été glissés, avec leur enveloppe, dans des flacons remplis d'eau bouillie, les flacons reliés à une trompe de Schlœsing, et les gaz extraits et analysés. Les résultats ont été les suivants :

	POIDS du pain.		GAZ recueilli.	100 PARTIES DE GAZ CONTENANT			RAPPORT de l'oxygène à l'azote.
			cc.	CO^2.	O.	Az.	
Sur levure.	33,5	A point.	44	86,10	3,00	10,90	$\frac{21,5}{78,5}$
	40,0	Poussé.	52	89,00	2,60	8,40	$\frac{23.6}{76,4}$
	40,0	Très poussé.	58	93,00	1,49	5,50	$\frac{20,1}{79,9}$
Sur levain.	40,9	Très jeune.	30	91,90	1,66	6,34	$\frac{20,7}{79,3}$
	40,0	A point.	42	94,40	0,88	4,98	$\frac{15,0}{85,0}$
	40,0	Un peu poussé.	53,5	94,50	1,12	4,29	$\frac{20.7}{79,3}$
Sur levure.	40,0	Jeune.	25,7	89,00	1,80	9,20	$\frac{16,0}{84,0}$
	40,0	A point.	52,5	94,00	0,95	5,14	$\frac{16.7}{83,3}$
	40,0	Poussé.	51	95,30	0,59	4.04	$\frac{12,7}{87,3}$

On voit que les gaz extraits sont formés d'acide carbonique mélangé à l'air primitivement contenu dans la farine ; air qui a parfois perdu une partie de son oxygène sous l'influence de fermentations accessoires. Le poids d'acide carbonique formé peut s'élever, d'après ces données, jusqu'à environ $2^{gr},5$ par kilogramme de pain; d'un autre côté, la détermination de l'alcool fournit en moyenne environ 3^{cc}, 15 d'alcool par kilogramme de pain, soit en poids $2^{gr},5$. Il y a donc à peu près égalité entre le poids d'acide carbonique dégagé et le poids d'alcool formé : c'est précisément ce qui arrive dans la fermentation alcoolique normale, où, d'après Pasteur, le rapport exact des poids d'acide carbonique et d'alcool est de $\frac{48,89}{51,11}$.

Les autres éléments de la farine, gluten et amidon, ne subissent-ils aucune modification au cours de la fermentation?

Cette question a été examinée par M. Boutroux pour le gluten et pour l'amidon.

Lorsqu'on examine une pâte qui a fermenté dans des conditions telles que la prépondérance de la levure soit assurée sur tous les autres microorganismes, c'est-à-dire lorsqu'on prépare avec toutes les précautions voulues une pâte au moyen de farine et d'eau salée stérilisée, et qu'on ensemence avec une levure pure, on voit qne cette pâte fermentée contient un gluten qui ne se distingue en rien du gluten que l'on peut extraire directement de la farine ayant servi à la préparation de la pâte. On observe toutefois une légère diminution dans le poids du gluten, due sans doute à la nutrition azotée de la levure :

Gluten sec de la farine panifiée.....	8,997
Gluten de la farine non panifiée.....	9,319
Perte.....	0,322

Il faut toutefois faire remarquer que, si le fait de la fermentation alcoolique par la levure pure ne fait rien perdre au gluten de ses qualités, il n'en va pas toujours ainsi dans la pratique. Lorsqu'on fait la même expérience que précédemment, mais en employant, pour l'ensemencement de la pâte, une levure préalablement cultivée plusieurs fois, sous forme de levain, le gluten cesse de s'agglutiner lorsqu'on malaxe la pâte fermentée sous un filet d'eau, et il ne reste plus rien entre les doigts de l'opérateur. Si on refait les mêmes dosages de gluten, sur des pâtes de boulangerie, prêtes à mettre au four, on obtient le même résultat négatif, ou du moins, suivant les cas, on obtient des doses de gluten variables, différentes des doses contenues dans la farine initiale. Il faut expliquer ce fait par un développement anormal des bactéries que nous savons pouvoir exister dans la pâte, et qui, en acidifiant le milieu, attaquent le gluten et lui font perdre sa cohérence. Il est bien évident qu'un gluten, ainsi attaqué, devient beaucoup moins apte à soutenir la pâte, et à jouer le rôle mécanique qui lui est dévolu au cours de la fermentation.

On a également signalé la présence, dans la pâte levée, de composés azotés solubles, de peptones qui proviendraient de

l'attaque du gluten ; ces peptones ne se rencontrent que dans des cas anormaux et sont le fait de fermentations parasites qui peuvent se développer dans des levains infectés et qui évoluent ensuite en même temps que la fermentation elle-même, mais en restant étrangères à cette fermentation.

Pour ce qui est de l'amidon, M. L. Boutroux a analysé à ce point de vue deux quantités égales de farine, l'une ayant au préalable subi la fermentation panaire.

Les résultats ont été les suivants :

Poids d'amidon pour 100 de farine :	
Avant la fermentation.....	72,01
Après la fermentation.....	70,65
Perte	1,36

La différence, conclut M. Boutroux, soit un centième et demi de la quantité totale d'amidon contenue dans la pâte, est à peine supérieure à l'erreur expérimentale probable. On peut donc dire que, dans la fermentation panaire, l'amidon n'est pas sensiblement attaqué.

D'autre part, M. Lindet a constaté que, pendant la fermentation, il y avait toujours formation de sucre. En abandonnant pendant vingt-quatre heures, à 22° et à 26°, deux pâtons de farine, non additionnés de levure, il a décelé la formation d'une quantité de sucre qui représentait, dans le premier cas, 0,72, et dans le second, 1,95 p. 100 de la farine employée.

Il faut enfin signaler comme produits possibles, se formant en même temps que les véritables produits de la fermentation, et en plus ou moins grande proportion, selon que les agents qui les produisent sont eux-mêmes plus ou moins nombreux : les acides acétique, butyrique, lactique, etc.

En résumé, nous pouvons conclure que la fermentation panaire est essentiellement une fermentation alcoolique, s'exerçant aux dépens du sucre préalablement contenu dans la farine, auquel s'ajoute un peu de sucre formé par la saccharification d'une faible quantité d'hydrates de carbone. La plupart des microbes, que l'on trouve dans la pâte, à côté de la levure, peuvent être considérés comme des êtres inutiles, souvent même nuisibles et dus seulement à une véritable

infection des levains. Les levains de bonne qualité doivent contenir une quantité suffisante de levure, et de levure vigoureuse, capable de se reproduire abondamment, pour que la fermentation alcoolique prenne le pas sur toutes les autres fermentations microbiennes, et les étouffe en quelque sorte. C'est pour assurer ce résultat que nous voyons les boulangers, soucieux de réaliser une bonne fabrication, entretenir la vitalité de leurs levains, en leur ajoutant de temps à autre une certaine quantité de levure, en nature.

INTRODUCTION DE LA LEVURE DANS LA PATE

Les boulangers ont à leur disposition deux moyens pour introduire dans la pâte qu'il faut faire lever le ferment qui provoquera la fermentation nécessaire ; on peut employer le travail sur levain, ou bien le travail sur levure.

Travail sur levain. — C'est le travail qui est usité dans la plus grande partie de la France. On appelle levain un morceau de pâte, ayant subi la fermentation, et qui servira à propager cette même fermentation dans les pâtes que l'on préparera dans la suite. Le levain, on le voit, représente une véritable culture de levure, culture faite sur pâte, et qui servira à ensemencer les pâtes nouvelles. Un levain jeune est un levain qui n'a subi encore qu'un commencement de fermentation ; un levain fort est celui dans lequel la levure est en plein développement ; un levain vieux est celui qui est dans un état de fermentation trop avancée, qui, en terme de métier, a passé son apprêt. Le levain vieux communique au pain un goût aigre, comme on le constate souvent dans les campagnes, où les levains ne sont que très rarement rajeunis. Dans ces levains, nous comprenons maintenant que la levure a été en grande partie supplantée par des microbes producteurs d'acides, qui communiquent leur goût au pain et agissent d'une manière néfaste sur la qualité du gluten.

Dans les boulangeries où la qualité des levains est très surveillée, on s'occupe avec grand soin d'entretenir la vitalité des levures d'un jour au jour suivant, en opérant de la manière suivante :

Sur l'une des pétrissées de la nuit, on prélève un morceau de pâte, de trois kilogrammes environ, qui constitue le *chef*, ainsi nommé parce que c'est de lui que dériveront tous les autres levains. Ce chef est mis au frais dans une petite corbeille, revêtue en dedans d'une toile, qui se replie également par-dessus la pâte. Ce levain fermente ainsi, et, quand il est à point, il a acquis un volume double ; il offre une surface bombée et lisse ; il repousse légèrement la main quand on le presse ; il nage sur l'eau, offre encore de la ténacité et répand une odeur vineuse agréable. Le chef ayant été prélevé vers minuit environ, il faut, vers cinq ou six heures du matin, procéder au rajeunissement du levain, c'est-à-dire qu'il faut lui incorporer une nouvelle quantité de farine qui apportera à la levure les aliments nécessaires pour sa reproduction.

On obtient le *levain de première*, ou *levain chef*, en ajoutant au chef un poids de farine, double de son propre poids, et un volume d'eau convenable. On verse dans la fontaine du pétrin l'eau qu'il faut employer ; on place doucement le chef au milieu, on l'arrose, en jetant de l'eau par-dessus avec la main, puis on le délaye, et on le pétrit avec la farine nouvelle. La pâte ainsi produite doit avoir de la consistance et de la ténacité ; on la place ensuite à nouveau dans une corbeille, que l'on place, suivant la saison, dans un endroit plus ou moins chaud, de manière que la fermentation poursuive une marche normale.

Vers quatre heures, le boulanger, reprenant son levain, le rajeunit une seconde fois, en opérant de la même façon que précédemment ; le levain est mélangé de farine et d'eau, de manière que son volume augmente d'un tiers, et on obtient de cette façon le *levain de seconde*. Souvent ce levain est laissé dans le pétrin même ; sinon, il faut avoir soin de le placer dans une corbeille suffisamment grande pour que la fermentation ne le fasse pas passer par-dessus les bords.

Enfin, vers six heures du soir, un nouveau rajeunissement donne le *levain de troisième* ou *levain de tout point*, dont le volume représente la moitié ou le tiers de la fournée qu'il faudra pétrir. Le levain de tout point, une fois pétri, est conservé dans le pétrin ; on le recouvre d'une quantité de farine plus ou moins grande.

Lorsque le boulanger viendra commencer son travail, il prendra comme point de départ ce levain, que nous avions supposé tout formé lorsque nous avons décrit les opérations du pétrissage dans le chapitre précédent. Puis les fournées se succéderont les unes aux autres, en nombre variable, suivant la quantité de pain que le boulanger devra fabriquer, et chaque pétrissée se fera sur pâte, c'est-à-dire que l'ouvrier laissera dans le pétrin une partie de la pâte terminée pour servir à l'ensemencement de la pétrissée suivante. Parfois, lorsque le boulanger voudra assurer une levée plus parfaite de sa pâte, il donnera à la levure une proportion de matière fermentescible un peu plus grande que celle qui existe normalement dans la farine, en ajoutant à celle-ci, au moment du pétrissage, soit une petite quantité d'extrait de malt, soit même un peu de sucre en nature.

Le travail ordinaire des levains subit parfois des modifications, lorsqu'on emploie des appareils spéciaux pour le pétrissage et la conservation des levains.

L'appareil Wick est destiné à pétrir spécialement le levain de première et permet de faire une bonne panification avec ce seul levain. L'appareil se compose de deux cylindres laminеurs superposés ; le cylindre supérieur est mobile de manière qu'on puisse à volonté régler l'écartement laissé entre les deux rouleaux. Une manivelle et des roues dentées permettent de faire tourner le système ; une tablette, disposée devant les cylindres, permet de recevoir la pâte. Le travail se fait de la manière suivante : Le matin, vers six heures, on fait un unique levain pesant de 15 à 20 kilogrammes, comprenant un chef de 1 kilogramme à $1^{kg},500$, suivant la température extérieure. On frase cette pâte dans le pétrin ordinaire avec très peu d'eau, afin que la masse soit ferme comme celle du biscuit de mer, et, pour en faciliter le pétrissage, on la divise en petits pâtons égaux, qu'on lamine entre les deux cylindres en effectuant six ou sept passages, et en rapprochant de plus en plus les cylindres ; ceci fait, les pâtons sont ployés et mis en fontaine, comme à l'ordinaire, dans le pétrin. Le soir, vers huit heures, ce levain, pétri très ferme, est prêt et *jeune de fondation*, et il peut être immédiatement employé dans le

pétrissage de la première fournée qu'on laisse un peu pointer. C'est la durée de ce pointage, que l'on fait varier suivant la température, qui complète et donne à la pâte de première le degré de fermentation voulu, tout en produisant toujours un levain jeune. Le reste du travail se poursuit comme à l'ordinaire.

On trouve également dans la boulangerie d'autres appareils, dits appareils à levain, formés d'une caisse étanche, à fermeture hydraulique, où le levain se conserve dans une atmosphère d'acide carbonique, jusqu'au moment venu de faire la première pétrissée.

L'appareil Belloir et Berry se compose d'une marmite cylindro-conique, à fond plein, muni de roulettes, permettant le déplacement facile de l'appareil dans le fournil. Vers la partie supérieure de la marmite, est placé intérieurement un rebord circulaire, sur lequel vient reposer un faux fond, muni d'une poignée et de tringles articulées, grâce auxquelles le faux fond peut être assujetti solidement sur le rebord, de manière à former un joint étanche. On détermine ainsi deux capacités superposées, qui communiquent entre elles au moyen d'un tuyau, disposé extérieurement à la caisse. Enfin, la caisse est fermée au moyen d'un couvercle.

On prépare un levain de première très ferme ; on met le pâton dans le fond de la marmite, et l'on verse dessus une quantité d'eau équivalente à celle que l'on met ordinairement sur le levain de seconde et sur le levain de tout point ; ceci fait, on pose le faux fond, et on verse dessus une petite quantité d'eau, de manière à former un joint hydraulique étanche. On met en place le couvercle supérieur, et on abandonne la marmite ainsi préparée dans un endroit où règne une température uniforme de 10° à 15°. Le levain fermente, se gonfle d'acide carbonique, et quitte bientôt le fond de la marmite pour flotter à la surface de l'eau. L'acide carbonique, ne pouvant s'échapper, sature l'eau dans laquelle flotte le levain, puis fait remonter cette eau, par le tuyau de communication, dans le compartiment supérieur, et enfin, traversant toute cette couche d'eau, vient bouillonner à la surface. A ce moment, la fermentation est suffisamment avancée pour que le levain puisse être employé dans le pétrissage de la première fournée. La première fournée

pétrie, il faut la laisser pointer pendant quelque temps, jusqu'à ce qu'on ait constaté que la fermentation est bien établie dans toute la masse.

L'appareil à levain Christofleau se compose d'un récipient cylindrique, muni à sa partie supérieure d'un couvercle se recourbant vers l'intérieur de la caisse pour former une cuvette. Cette cuvette est percée en son centre d'un orifice que l'on peut fermer au moyen d'un bouchon vissé. Cet orifice commande une sorte de pomme d'arrosoir. Le levain qu'il s'agit de conserver est placé dans l'appareil, le couvercle est mis en place, et la cuvette supérieure est remplie d'eau. Le soir, au moment de pétrir, on plonge la main dans l'eau, on dévisse le bouchon, et l'eau tombe en pluie fine sur le levain, pendant que les gaz s'échappent au travers de la couche d'eau.

L'appareil Dathis permet de conserver les levains, en les mettant à l'abri des brusques variations de température et de la contamination par les ferments apportés par l'air. Cet appareil se compose d'un récipient tronconique, en matière mauvaise conductrice de la chaleur, comme le bois ; le bord supérieur étant creusé d'une rigole dans laquelle pénétrera une saillie supportée par le couvercle. Au centre de ce couvercle est percé un trou dans lequel on introduit un tampon de ouate, destiné à filtrer l'air. Le couvercle est en verre, ou bien est muni d'un regard, de manière que l'on puisse surveiller l'état de la fermentation. Dans un autre appareil, M. Dathis utilise le gonflement de la pâte pour actionner une sonnerie électrique avertissant l'ouvrier que la fermentation a acquis un développement suffisant. La pâte est placée dans une corbeille à quelque distance au-dessous d'un plateau métallique, relié à l'un des pôles d'une pile, commandant une sonnerie. Le second pôle de la pile est relié à une tige de métal, maintenue au-dessus du plateau précédent. La fermentation une fois en marche, la masse de la pâte se boursoufle, augmente de volume, arrive à toucher le plateau, qui, refoulé peu à peu, se trouve à un moment donné au contact de la tige. Alors, le circuit étant fermé, la sonnerie retentit et avertit l'ouvrier boulanger que le développement voulu de la fermentation est atteint.

L'appareil à levain Arnal, dit le « Sans levain » (fig. 140) se compose de deux cylindres concentriques, séparés par un espace vide de 3 centimètres, ou plus exactement par un cylindre à double enveloppe. Le levain qu'il s'agit de conserver est déposé dans un seau émaillé, qui se place à l'intérieur du cylindre précédent. Ce dernier supporte sur sa paroi extérieure, et à sa partie supérieure, une rainure circulaire, que l'on

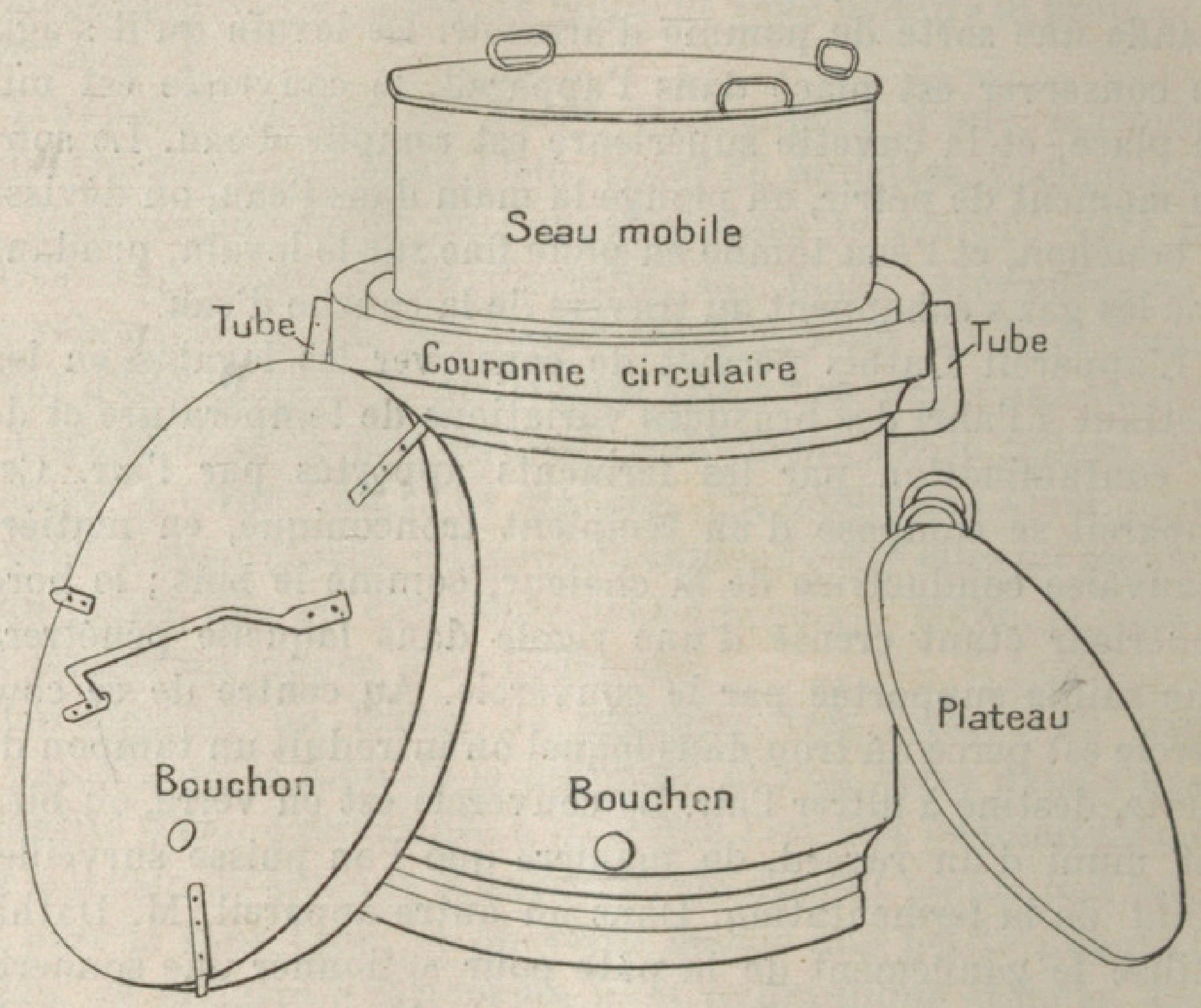


Fig. 140. — Appareil à levain « Le Sans-levain ».

remplit d'eau, et dans laquelle s'engage le rebord du couvercle ; on obtient de cette façon une fermeture hydraulique. Deux tubes, placés de chaque côté de l'appareil, sont destinés à recevoir l'eau chassée de la rainure par le fait de la fermentation qui fait augmenter la pression à l'intérieur du cylindre. Cette eau, envoyée dans la double enveloppe, peut être vidée, au moyen d'un bouchon, disposé à cet effet vers la partie inférieure de l'appareil. La pâte étant mise dans le panier, on introduit ce dernier dans le cylindre, on place le couvercle

dans la rainure pleine d'eau, en ayant soin de dévisser un bouchon porté par le couvercle, bouchon que l'on revisse une fois le couvercle placé et maintenu au moyen des crochets dont il est muni. L'appareil ainsi chargé est déposé dans un endroit à température moyenne, et abandonné à lui-même. Le levain, maintenu de la sorte dans une atmosphère saturée d'acide carbonique, peut se conserver fort longtemps et être utilisé après un séjour dans l'appareil de plus de trente-six heures. Lorsque, par suite de circonstances exceptionnelles, la fermentation du levain a besoin d'être activée ou ralentie, on fait varier la température de façon convenable en coulant dans la double enveloppe, par l'intermédiaire des tubes, de l'eau chaude ou de l'eau froide. On peut, dans cet appareil, suivant sa taille, conserver de 15 à 60 kilogrammes de pâte.

Travail sur levure. — Le travail sur levure, ou procédé viennois, est peu employé en France, sinon pour les pains de luxe. Ce procédé est plus simple que le précédent ; on ne s'attache pas à conserver la levure en culture dans la pâte, pour la reporter d'une opération, à l'opération suivante; on introduit, au contraire, chaque fois de la levure nouvelle, en grande quantité ; on ne se soucie pas, par conséquent, de la voir se reproduire. La levure employée est de la levure de grains que l'on trouve dans le commerce sous forme de pains pressés vendus par les fabriques d'alcool de grains. Cette levure est parfois simplement délayée dans l'eau de la fontaine, au moment de faire la pétrissée ; mais, le plus souvent, on prépare dans un baquet spécial, une pâte très claire avec de l'eau, de la farine, de la levure et du sel, auxquels on ajoute souvent du lait ; l'ensemble porte le nom de pouliche ou de polish ; cette pâte claire est employée après un repos de deux heures, pendant lequel la fermentation commence à se déclarer.

Ces deux procédés d'ensemencement de la pâte aboutissent tous deux au même résultat de gonfler la pâte, mais la qualité des pains que fournissent les pâtes ainsi traitées est nettement différente.

Tout d'abord le goût est un peu différent ; les pains faits sur levain ont toujours un goût plus ou moins acide, par suite du développement inévitable dans les levains de bactéries

acidifiantes, tandis que le pain pétri sur levure est de réaction parfaitement neutre. La structure des pains obtenus par les deux procédés est très caractéristique ; dans le cas du levain, on voit, sur la coupe du pain, des cavités irrégulières, de dimensions très variables, tandis que le travail sur levure aboutit à la formation d'un pain parsemé de vacuoles petites et très régulières; cette différence s'explique encore par une question d'acidité : dans le premier cas, le gluten a été plus ou moins attaqué par l'acide développé dans le levain, de sorte que les lamelles de gluten distendues par la poussée des gaz n'ont plus la force nécessaire pour résister partout; les bulles d'acide carbonique peuvent se réunir les unes aux autres pour former des cavités de grande dimension ; tandis que, dans le second cas, le levain n'étant pas acide et les bactéries n'ayant pas eu le temps de se développer, le gluten a conservé toute sa résistance, et chaque bulle de gaz est, pour ainsi dire, entourée d'une enveloppe glutineuse. Enfin, il existe encore une dernière différence dans la façon dont peuvent se conserver les pains une fois cuits. Si le pain fait sur levain peut se conserver pendant plusieurs jours, il n'en est pas de même pour le pain fait sur levure, qui est beaucoup plus friable, qui doit être consommé tendre, perdant ses qualités du jour au lendemain.

LES LEVURES EMPLOYÉES EN BOULANGERIE

Qu'on adopte le travail sur levain, ou le travail sur levure, il faut dans tous les cas pouvoir se procurer de la levure, soit pour rajeunir les levains, soit pour préparer la pouliche. C'est l'industrie de la brasserie, ou celle des alcools de grains qui fournissent la levure employée par la boulangerie; dans le cas du travail aux levains, la levure se modifie peu à peu, s'acclimatant au milieu dans lequel on la fait évoluer. MM. Kayser et Radoux ont étudié 14 types de levures, d'origines diverses, appartenant tantôt au type des levures hautes et tantôt à celui des levures basses ; les résultats de leurs recherches ont été les suivants :

NUMÉROS.	TYPE.	LONGUEUR moyenne.	LARGEUR moyenne.	ASPECT DU DÉPÔT.
		μ	μ	
1	Haute.	8,75	6,12	Bien déposé, un peu grimpant.
2	Haute.	7,87	7,00	Bien attaché au fond.
3	Haute.	8,31	6,12	Très bien attaché.
4	Haute.	8,75	5,68	Grumeaux.
5	Haute.	7,87	5,95	Grimpant.
6	Haute.	8,92	5,51	Gros grumeaux.
7	Basse,	9,12	6,12	Grimpant,
8	Basse.	8,75	6,56	Très grimpant,
9	Basse.	9,50	6,12	Grumeaux.
10	Basse.	8,75	5,25	Grimpant.
11	Haute.	8,31	5,68	Grimpant.
12	Haute.	7,87	5,77	Grimpant.
13	Basse.	8,74	7,00	Grumeaux.
14	Haute.	7,87	7,00	Bien tassé.

Ces levures ont été, à l'état bien rajeuni, portées sur des blocs de plâtre et abandonnées à la température de 25°, en vue de la formation des spores. Celles-ci ont été formées après :

Levures.	Heures.	Levures.	Heures.
1.....	84	8.....	36
2.....	72	9.....	72
3.....	360	10.....	48
4.....	360	11.....	48
5.....	240	12.....	144
6.....	324	13.....	96
7.....	60	14.....	?

La culture en piqûres sur milieux gélatinisés et gélosés a donné lieu aux observations suivantes :

Les levures peuvent être classées en deux grands groupes :

Type a. — Colonies plates, sinus assez nombreux, stries concentriques, étoilées, cratère : ce sont les levures 1, 5, 6, 7, 8, 9, 14.

Type b. — Surfaces ridées, ramifications nombreuses, ballonnées, élégantes et souvent très fines. Si la colonie s'étale en longueur, on a l'espect d'une chenille : ce sont les levures 2, 3, 4, 10, 11, 12 et 13.

Résistance à la chaleur. — Certaines levures meurent par

chauffage à 55°, pendant dix minutes. D'autres, au contraire, résistent.

Levures supportant le chauffage à 50° : 3, 6, 7, 8, 12 ;

Levures supportant le chauffage à 55° : 1, 2, 4, 5, 9, 10, 11, 13, 14.

Résistance à l'acide lactique. — Beaucoup de ces levures ont pour origine un milieu lactique (levures d'alcools de grains); elles ont à lutter contre les ferments lactiques dans la pâte, et il était indiqué de les essayer dans des milieux saccharosés, additionnés de diverses doses d'acide lactique. Toutes ont bien supporté 1 p. 100 d'acide lactique, et ce n'est qu'avec 2 p. 100 d'acide qu'on a pu observer des différences.

Ont montré la fermentation : après quarante-huit à soixante heures, les levures 1, 4, 6, 18, 14 ; après quatre-vingt à cent heures, les levures 3, 7, 12 ; après cent-vingt heures, 8 et 11. Enfin, très gênées, 2, 5, et 9.

Température. — Les levures semblent aimer des températures élevées : toutes les levures ensemencées à la pipette dans des bouillons saccharosés maintenus à 40° se mettent à fermenter dans les six, huit à quatorze heures. Si on les ensemence au fil de platine, la fermentation se déclare partout et continue, fait à signaler qui ne trouve son analogue que dans les fermentations de mélasses, en vue de la fabrication du rhum.

Sucres. — Elles font fermenter le saccharose, aiment moins le maltose ; toutes font aussi fermenter le galactose, lorsqu'on les ensemence en masse et quand elles ont été entraînées préalablement par culture dans un milieu lactosé. L'emploi du raffinose a servi à en différencier plusieurs.

Essais de fermentation. — Dans des bouillons à 6 p. 100 de saccharose, les quantités d'alcool obtenues sont sensiblement les mêmes : le poids de levure a varié de 1,04 à 1,50 pour 100 du sucre disparu. Dans un autre essai, il a été constaté des différences du même ordre pour le sucre disparu, l'alcool formé, le poids de levure ; l'acidité a été très variable : toutes choses égales d'ailleurs, elle s'est maintenue entre 0,52 et 1,67, ce qui montre que cet élément pourra être utilisé pour leur différenciation.

Lorsqu'on donne à ces levures du sucre en plus forte quan

tité, jusqu'à 20 p. 100, elles se divisent en trois groupes :

1° Celles qui font disparaître la totalité du sucre : 1, 2, 4, 11 ;

2° Celles qui en laissent de 0,2 à 0, 3 p. 100 : 5, 6, 7, 8, 10, 12, 14 ;

3° Celles qui en laissent de 0,8 à 3 p. 100 : 3, 9, 13.

Ces quelques résultats montrent combien sont différentes les levures qui sont employées en boulangerie, sans adaptation spéciale ; les auteurs de ce travail se proposent, du reste, de poursuivre leurs recherches sur ce sujet.

ROLE DE LA LEVURE EN BOULANGERIE

La fabrication du pain repose donc en grande partie sur la levure, qui devra à un moment donné faire lever rapidement la pâte. Cette levure est conservée par levains; on conçoit donc que le travail des levains ait une importance considérable et réclame tous les soins et toute la sagacité de l'ouvrier.

M. Lindet, étudiant de près le rôle joué par la levure dans la boulangerie, a appliqué aux nombreux cas qui se produisent dans la pratique, la notion de la double fonction de la levure, fonction reproductrice et fonction zymasique. Il a recherché à quels moments il convenait de favoriser la multiplication des globules de levure, ou la production du ferment soluble, de la zymase, chargée de dédoubler le sucre en alcool et en acide carbonique.

Il fallait pour cela doser la levure contenue dans les pâtes; le procédé adopté a été celui de la numération des colonies cultivées sur gélatine, procédé qui retient seulement les globules capables de se reproduire dans la pâte. On délayait 10 grammes de pâte dans un mortier avec 200 centimètres cubes d'eau, additionnée de 1 p. 100 d'acide lactique : le gluten se désagrège ainsi beaucoup plus facilement sans que la vitalité de la levure soit en aucune façon modifiée. Enfin, une portion du liquide obtenu, convenablement dilué, était ensemencé dans une grande fiole de Roux, contenant 80 centimètres cubes de bouillon de culture (bouillon de touraillons, contenant 3 p. 100 de saccharose et 8 à 10 p. 100 de gélatine, collé à l'albu-

mine et filtré). La fiole était mise à l'étuve à 20° et les colonies comptées au bout de quatre jours.

Des expériences préliminaires ont montré que la levure pressée Springer, la plus usitée dans la boulangerie parisienne, contient sous un poids de 0gr,001 de 5 à 6 000 000 de globules vivants (moyenne de 20 expériences) et que, d'autre part, 1 gramme de pâte de boulangerie, prête à subir la fermentation, en renferme à peu près autant, soit 1/1000 de son poids.

Enfin, pour estimer la quantité de zymase qui existe en puissance dans la pâte prélevée, on a commencé par tuer la levure, en suivant le procédé d'Albert qui consiste à délayer la pâte d'abord dans l'acétone, puis dans l'éther et à sécher à l'air. La farine ainsi traitée et contenant la levure morte était mise au contact d'une solution de glucose à 1 p. 100, en matras scellé et abandonnée vingt-quatre heures à la température de 30°. Au bout de ce temps on dosait l'acide carbonique produit, en l'extrayant au moyen d'une trompe à vide.

M. Lindet, appliquant ces méthodes aux différentes opérations que nous avons décrites précédemment, a pu faire les constatations suivantes :

1° ***Altérations et rajeunissement des levains.*** — Nous avons dit que, dans une pâte trop ancienne, il se développait des fermentations bactériennes, productrices d'acidité ; ces fermentations se déclarent lorsque la levure s'est épuisée et ne peut plus se reproduire, lorsque le levain a « trop de pousse ». Le levain est alors « engraissé ou huileux » ; l'ouvrier a « perdu son travail ». On peut « redresser ce travail » en pétrissant à nouveau le levain compromis avec de la farine et avec de l'eau, et parfois avec de la levure ; il faut travailler fortement la pâte, afin d'apporter à la levure assez d'air pour qu'elle puisse recommencer à se reproduire et arriver à son tour à étouffer les fermentations bactériennes. Un levain, prélevé dans une boulangerie, et n'ayant pas beaucoup « d'apprêt », a donné, après quatre jours de culture, 12 688 000 et 15 328 000 globules par gramme de pâte ; soit en moyenne 2,80 p. 1000. Au contraire, des levains possédant une légère acidité, ayant beaucoup d'apprêt, comme ceux qui sont préparés à la Boulangerie de l'Assistance Publique, donnent un nombre de colonies

beaucoup moindre, et qui augmente progressivement avec le temps, ce qui n'arrive jamais avec les pâtes normales ; ces levains acides ont, en effet, donné les chiffres suivants :

	Nombre de globules pour 1 gramme de pâte.		
	Culture de 4 jours.	Culture de 6 jours.	Culture de 8 jours.
I.....	336 000	1 488 000	21 120 000
II.....	288 000	1 728 000	19 680 000
III.....	192 000	1 944 000	16 800 000
IV.....	912 000	1 632 000	»
V.....	1 080 000	2 736 000	»

On voit donc nettement que, dans le cas des levains acides, la fermentation bactérienne ralentit fortement la vigueur reproductrice de la levure.

Mais, si ces levains acides renferment une levure qui a perdu la propriété de se reproduire, cette levure conserve cependant toute sa zymase. Le levain, qui précédemment avait donné 1 632 000 globules par gramme de pâte, traité comme il a été dit par l'acétone et l'éther, a fourni $2^{cc},92$ d'acide carbonique pour $0^{gr},01$ de levure, tandis que la même quantité de levure fraîche, traitée de la même façon, a donné seulement $0^{cc},33$ d'acide carbonique. Il est probable que, si tous les globules présents dans le levain avaient eu une vitalité normale, on en aurait trouvé 16 à 20 000 000 après quatre ou six jours de culture, au lieu de 1 632 000, et les deux volumes d'acide carbonique auraient été analogues. La quantité de zymase est sans doute proportionnelle au nombre des globules, quel que soit l'affaiblissement de ceux-ci.

Les levains trop poussés sont cependant défectueux, bien que riches en zymase : la pâte pétrie sur un pareil levain se développe vite pendant la fermentation, mais tombe facilement à la cuisson, tandis que la pâte de la seconde pétrissée, faite sur celle de la première, ne reçoit qu'une levure à faible pouvoir reproducteur, épuisée en outre de sa zymase, de sorte que la levée se fait mal. C'est pourquoi le boulanger introduira, en commençant son travail, un peu de levure, inutile pour la première pétrissée, mais qui pourra se reproduire et agir utilement pour les pétrissées suivantes.

M. Lindet signale encore pour l'affaiblissement des levains une cause autre que la contamination bactérienne : c'est l'accumulation dans les pâtes d'un poison, d'une toxine, signalée par Hayduck, sécrétée par la levure et capable d'agir sur la levure elle-même. On a fait macérer dans l'eau des pâtons sans levure ; le liquide a été recueilli, stérilisé et ensemencé d'un certain nombre de globules de levure : dans ces conditions la vitalité de la levure n'a pas été diminuée ; si on recommence la même expérience, mais en agissant sur des pâtons fermentés, la vitalité des globules ensemencés est cette fois très nettement atteinte. Dans chacun de ces liquides, et dans de l'eau distillée, servant de témoin, il a été ensemencé un nombre égal de globules ; on a exposé le tout à 25° pendant cinq heures ; puis on a ensemencé dans de la gélatine. Les globules qui avaient séjourné dans l'eau provenant de la farine non fermentée ont colonisé comme ceux qui avaient été au contact de l'eau distillée, quelquefois même davantage puisqu'ils avaient rencontré une matière alimentaire ; mais ceux qui étaient restés au contact de l'eau provenant de la farine fermentée ont été atteints par la toxine, dans une proportion qui a varié de 23 à 77 p. 100 des globules ensemencés.

	Globules résistant		
	à l'eau distillée.	à l'eau de farine non fermentée.	à l'eau de farine fermentée
I.....	4 912 000	4 240 000	3 472 000
II.....	7 232 000	9 808 000	1 744 000
III.....	4 928 000	5 232 000	2 560 000
IV.....	7 280 000	7 440 000	5 616 000

On voit donc nettement que l'action de la toxine signalée par Hayduck n'est pas négligeable, et il se peut que le rajeunissement des levains agisse également en diluant le poison dans une masse plus considérable de pâte.

2° ***Conservation des levains.*** — Pour faire varier le développement de la levure dans ses levains, le boulanger a trois moyens à sa disposition : compacité de la pâte, température et aération.

La levure se développe d'autant plus vite dans une pâte que cette dernière contient une quantité d'eau plus considé-

rable, et, d'autre part, la quantité de zymase contenue dans chaque globule est d'autant plus faible que la levure s'est multipliée plus rapidement. Trois pâtons ont été préparés, du même poids de 10 grammes, ensemencées de la même proportion de levure (0gr,01) ; mais ces pâtons contenaient une proportion d'eau différente, de manière à se rapprocher autant que possible des trois types de pâte que nous avons définis : raide, bâtarde et douce. Après un séjour de dix-huit heures à 20°, on a compté le nombre des globules vivants, et dosé le zymase ; les résultats obtenus ont été :

Proportions		Levure pour 1 de levure ensemeneée.	Acide carbonique pour 0gr,01 de levure ensemencée	Acide carbonique pour 0gr,01 de levure comptée après fermentation.
d'eau.	de farine.			
33 p. 100	66 p. 100	6,46	3,60	2,22
40 —	60 —	12,80	2,60	1,60
45 —	55 —	19,90	2,75	0,55

La température à laquelle la levure se développe le mieux est variable avec chaque race de levure. La variation de température pour une race déterminée ne fait subir son influence que si la levure est en présence de matières alimentaires ; la levure maintenue dans de l'eau distillée à des températures variables ne subit pas de changement appréciable dans le nombre des globules primitivement ensemencés. Des pâtons, traités à des températures croissantes, montrent une augmentation dans la production de la levure ; mais, comme dans le cas précédent, à une grosse production de levure on voit correspondre une faible quantité de zymase. Les hautes températures sont donc nuisibles : elles épuisent la levure en provoquant une prolifération rapide, et favorisent le développement des bactéries, spécialement des ferments lactiques, dont la température de prédilection est voisine de 50 degrés.

L'aération se montre efficace pendant le premier frasage, alors que le travail en pâte claire permet l'incorporation à la masse d'une grande quantité d'air. Quand la pâte est terminée, l'air ne peut plus la pénétrer et sa présence devient assez indifférente. Deux pâtons ont été préparés avec 1/1000 de levure, l'un par simple mélange de la farine et de l'eau, l'autre

avec un brassage énergique. Après cinq heures de fermentation à 20°, le premier levain avait multiplié sa levure dans la proportion de 1 à 2,0, et le second dans la proportion de 1 à 3,54. D'autre part, deux pâtons à 1/1000 de levure, et fermentant, le premier dans un courant d'air humide, le second en vase clos, ont accusé une multiplication de levure dans les proportions voisines de 1 à 4,40 et de 1 à 3,47.

La connaissance de ces faits permet d'expliquer aisément les pratiques que nous avons vu suivre dans le travail des levains. Le chef, prélevé vers minuit, est rafraîchi vers cinq ou six heures, pour rester ensuite « dans le baquet » pendant dix à onze heures jusqu'à quatre heures de l'après-midi. Aussi, en pétrissant ce levain chef, l'ouvrier a-t-il soin d'aérer fortement la pâte pour favoriser la reproduction de la levure ; mais, d'autre part, pour modérer la fermentation, il prépare un levain en pâte raide (contenant seulement 33 p. 100 d'eau) et il fait usage d'eau froide à 16° ou 18°. Le levain de seconde, préparé à quatre heures pour être repris à six, n'a à fournir qu'une courte carrière ; la levure ayant peu de temps pour se développer, on aérera fortement pendant le pétrissage, on fera une pâte bâtarde (37 p. 100 d'eau) et avec de l'eau plus chaude, à 26°-28°. Enfin, à six heures, on prépare le levain de tout point : on n'a plus le temps de faire multiplier la levure, on cherche seulement à la maintenir en un bon état de résistance pour subvenir à toutes les pétrissées ; on se préoccupe surtout de favoriser la formation d'une quantité de zymase suffisante pour faire lever la première pétrissée. On tiendra donc ce levain de tout point un peu raide (35 p. 100 d'eau), et on pétrira avec de l'eau à 20°-22° sans aérer beaucoup la pâte. Un levain raide a beaucoup de « fondation » et fait lever rapidement la pâte.

Pendant la fermentation des levains, on surveille leur température, et, si cette dernière s'élève trop, on transporte les corbeilles dans un endroit où règne un courant d'air. Enfin, suivant les circonstances, l'ouvrier ajoute à ses levains un peu de levure pressée pour suppléer à une insuffisance dans la reproduction de la levure.

Dans le cas des appareils à levains, tout est combiné pour

retarder la fermentation : pâte très raide, mise en réserve sous une couche d'eau froide, dans un endroit aussi frais que possible. Toutefois, quand on fait usage de l'appareil à levains, la première pétrissée doit être travaillée plus longtemps, car le levain qui sort de l'appareil est beaucoup moins abondant que le levain de tout point : il en représente peut-être seulement le tiers ou la moitié, et le mélange intime du levain et de la pâte est plus difficile à obtenir. Dans l'appareil à levains, la pâte ne se dessèche pas superficiellement, condition qui est, nous le savons, défavorable à la reproduction de la levure.

Travail sur levure. — Quand on pétrit sur levure délayée dans l'eau, la quantité de levure représente 6/1000 du poids de la pâte ; quand on travaille au moyen d'une pouliche, la levure représente 4 à 5 /1 000 de la pâte.

Dans le travail par addition directe, la levure n'a pas le temps de se multiplier, et la multiplication se fait d'autant moins que l'ensemencement a été plus copieux. Des pâtes ensemencées de quantités de levures croissantes et abandonnées dix-huit heures à la fermentation, ont montré des proliférations décroissantes :

Quantité de levure.	Pour 1 de levure ensemencée.
1/1 000	8,39
2/1 000	6,43
4/1 000	3,72
8/1 000	1,77

Dans le travail sur pouliche, la multiplication se fait peut-être au début, mais les globules ne tardent pas à se nuire les uns aux autres. Des échantillons de pouliches examinés deux heures après leur fabrication ont montré moins de globules que l'on n'en avait introduit. Le même phénomène se reproduit dans les pâtes en fermentation, alors que, dans les pâtes normales, la quantité de levure se montre croissante, comme le prouve le tableau suivant :

	Pour 1 gramme de pâte.		
	Pouliche.	Pâte.	Pâte normale.
Avant fermentation.	17 140 000	48 350 000	950 000
	17 760 000	20 300 000	2 640 000
	18 460 000	17 850 000	6 620 000
Moyenne.....	17 789 000	28 830 000	3 400 000
Après fermentation.	14 662 000	4 620 000	6 690 000
	15 150 000	8 160 000	7 310 000
	13 913 000	6 340 000	7 790 000
Moyenne.....	14 575 000	6 370 000	7 270 000

On voit que la levure, parfois inégalement répartie dans les pâtes, se reproduit surtout quand elle se trouve en faible quantité ; qu'elle s'amoindrit si elle est en dose massive, et que finalement elle se répartit d'elle-même mieux qu'aucun ouvrier ou qu'aucun appareil ne saurait le faire.

Dans le cas du travail sur levure, on ne cherche pas à obtenir une reproduction des globules ; leur rôle se borne à apporter simplement la zymase dont on a besoin pour faire lever la pâte.

Il est intéressant de constater que toutes ces opérations exécutées en boulangerie ont été établies bien avant que la science ait été capable de les expliquer, et qu'ici encore la pratique a devancé la théorie.

PRATIQUE DE LA FERMENTATION

Maintenant que nous savons ce qu'est la fermentation panaire, le but qu'elle se propose, et les moyens employés pour réaliser l'ensemencement de la pâte, nous pouvons revenir en arrière et reprendre la pâte que nous avons laissée toute pétrie, dans le pétrin à bras ou dans le pétrin mécanique. Cette pâte va subir la fermentation ; mais en deux fois.

On va tout d'abord laisser la fermentation se déclarer, la pâte entrer en levain. A cet effet, la pâte est sortie du pétrin et abandonnée à elle-même, soit dans une corbeille, soit dans une caisse de bois peu profonde, appelée tour, d'où l'expression de mettre la pâte au tour pour désigner cette phase des opérations ; parfois la pâte est laissée dans un bout du pétrin lui-

même. La pâte reste ainsi pendant un temps variable suivant la température ; elle commence à se gonfler, elle pointe, elle prend de l'apprêt. Puis, quand la pâte est à son point d'apprêt, ce que l'ouvrier boulanger doit savoir apprécier, il faut façonner les différents pains, en découpant la pâte en morceaux plus ou moins gros, suivant les pains qu'ils s'agit de fabriquer, et en donnant à ces morceaux de pâte la forme voulue. Cette opération est le *tournage* ou *la tourne* des pains.

En préparant les morceaux de pâte, destinés à devenir des pains, il faut bien prendre garde que, pendant la cuisson, une partie de l'eau contenue dans la pâte s'échappera, de sorte que, pour faire un pain de poids déterminé, il faut prendre un poids de pâte supérieur au poids définitif. Cet excédent porte le nom de tare. La tare varie suivant que les pâtes sont plus ou moins fermes; elle varie également suivant la forme que l'on donne aux pains ; plus la surface du pain est grande, plus le pain *est en croûte*, et plus la déperdition sera accentuée, plus la tare devra être considérable. On admet, en général, les proportions suivantes :

Pâte ferme...	Pour pain de	6 kilogr.	il faut ajouter	0kg,500	de tare.
	—	4 —	—	0kg,400	—
	—	2 —	—	0kg,250	—
Pâte bâtarde.	—	6 —	—	0kg,610	—
	—	4 —	—	0kg,460	—
	—	2kg,500	—	0kg,260	—
	—	2 kilogr.	—	0kg,280	—
	—	1 —	—	0kg,180	—
Pâte douce...	—	2 —	—	0kg,340	—
	—	1kg,500	—	0kg,280	—
	—	1 kilogr.	—	0kg,210	—
	—	0kg,500	—	0kg,140	—
	—	0kg,250	—	0kg,060	—

A Paris, on calcule que, pour obtenir 100 de pain, en poids il faut employer pour 100 :

Pour pains ordinaires de 2 kilogs.....	120
— longs de 2 kilogs.....	131
— de 1 kilog...	129
— de 4 kilogs.....	114
— plats de 2 kilogs.....	148
— plats de 1 kilog.....	162
— couronnes de 1 kilog..	167

Cette opération de la pesée se fait au moyen d'une balance ordinaire, et elle doit être l'objet d'une grande attention de la part de l'ouvrier.

La pâte pesée est ensuite tournée, c'est-à-dire qu'elle reçoit la forme que le pain devra avoir lui-même. L'ouvrier *assemble* le morceau de pâte, le saupoudre de farine pour l'empêcher de coller aux mains et au pétrin, puis le manie, et le foule, mais sans excès lorsqu'il s'agit de pâte légère. Ce travail de la pâte a pour but de l'empêcher de *grimer*, c'est-à-dire de se créneler à sa surface. La fermentation évoluant plus rapidement dans

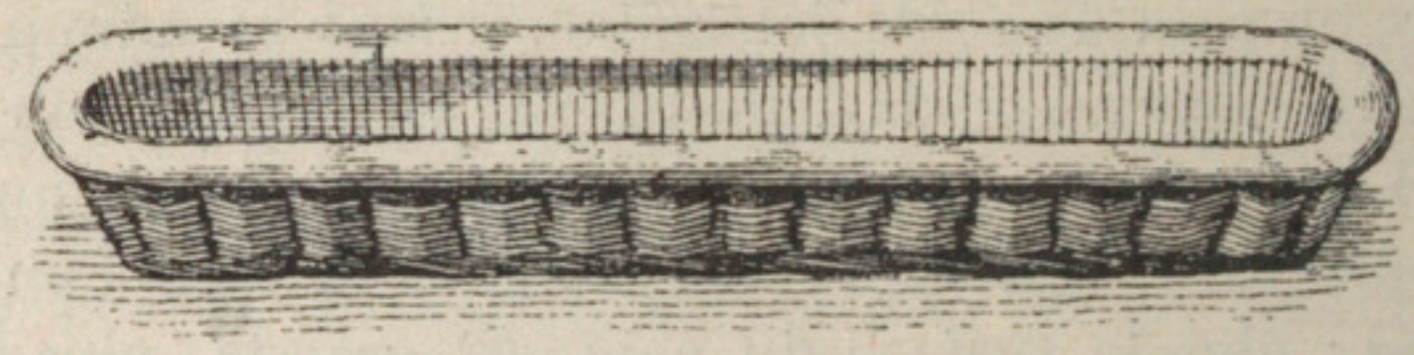


Fig. 141. — Banneton long.

les grosses masses de pâte que dans les petites, il faudra toujours commencer par tourner les petits pains avant les gros.

Pour faire les pains ronds, l'ouvrier prend le morceau de pâte, l'étend, le presse sur lui-même, l'assemble, et lui donne la forme de la miche ; pour les pains longs, on opère de façon analogue, mais en ayant soin de maintenir le milieu du pain plus épais que les extrémités. Les pains fendus sont obtenus de la manière suivante : la pâte étant préparée comme pour un pain long, on détermine une rigole en appuyant fortement avec le talon de la main, puis enfin avec l'avant-bras. La fente ou grigne, ainsi obtenue, est ensuite saupoudrée de farine pour empêcher les deux bords de se ressouder ; puis les deux lobes du pain sont repliés l'un sur l'autre, et la masse est disposée pour subir la fermentation, la fente en-dessous.

Bannetons. — A mesure que les pains sont ainsi préparés, l'ouvrier les dépose chacun dans un banneton. Ces bannetons sont de petites corbeilles en osier, tapissées intérieurement de toile ordinaire ou mieux de toile de chanvre, et ayant exactement la forme et les dimensions du pain à obtenir. C'est dans ces corbeilles que la pâte subira la fermentation.

Les bannetons sont de dimensions très diverses, attendu qu'il existe un nombre considérable de types de pains, plus ou moins allongés pour un même poids ; on trouve pour les pains longs de $0^{kg},500$, sept modèles de bannetons (fig. 141), dont la longueur varie de $0^{m},40$ à $0^{m},80$; pour les pains de 1 kilogramme, cinq modèles de $0^{m},60$ à 1 mètre de long ; pour les pains de $1^{kg},500$, cinq modèles également et de mêmes dimensions que les précédents ; pour les pains de 2 kilogrammes, dix modèles, avec une longueur variable de $0^{m},60$ à $1^{m},70$; pour les pains de 3 kilogrammes, six modèles de $0^{m},60$ à $1^{m},05$, et enfin pour les pains de 4 kilogrammes, six modèles également, semblables aux précédents.

Pour les pains ronds, à chaque poids de pain correspond un banneton spécial (fig. 142) ; les diamètres vont depuis $0^{m},18$,

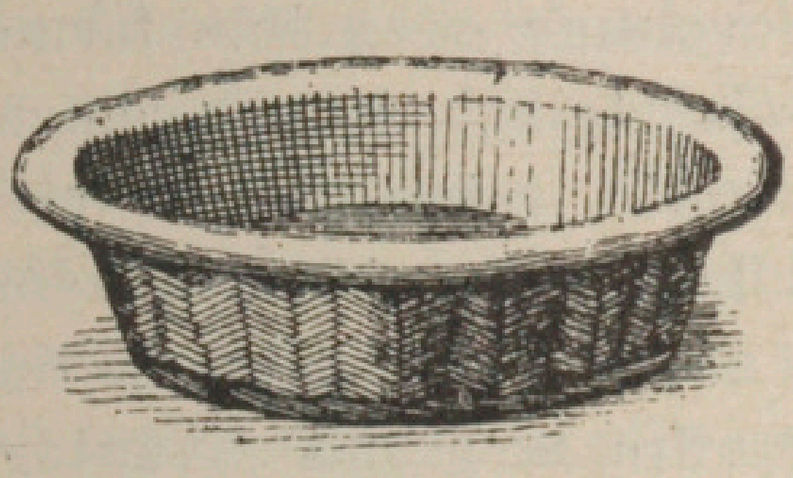


Fig. 142. — Banneton rond.

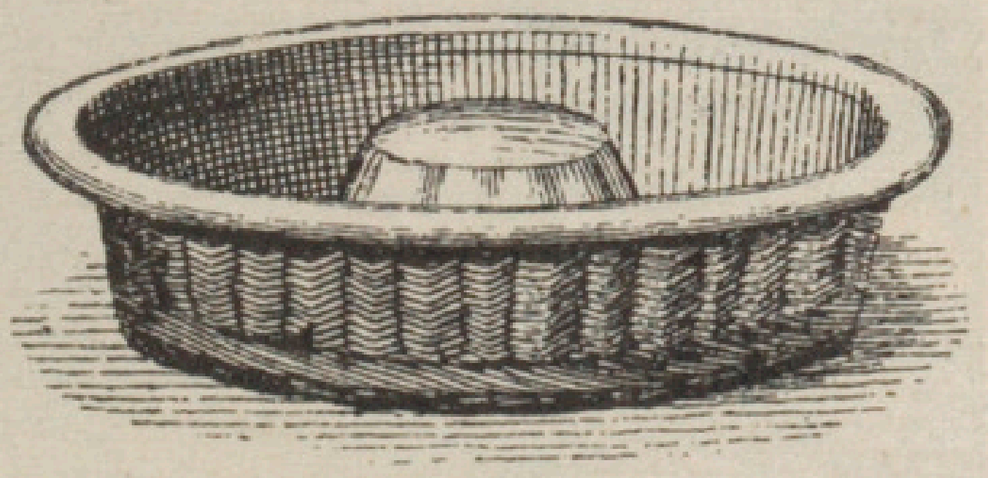


Fig. 143. — Banneton à couronne.

pour les pains de $0^{kg},500$ jusqu'à $0^{m},42$ pour les pains de 6 kilogrammes.

On trouve des bannetons dits à couronne, pour les pains ayant cette forme (fig. 143) : ce sont des corbeilles circulaires, portant en leur centre une éminence tronconique ; les diamètres de ces bannetons vont de $0^{m},23$ pour pains de $0^{kg},250$ jusqu'à $0^{m},45$ pour pains de 4 kilogrammes.

Enfin on fabrique encore des bannetons spéciaux pour les flûtes à soupe ; ces bannetons mesurent $0^{m},60$ de long sur $0^{m},03$ de large et $0^{m},035$ de profondeur.

Toutes ces corbeilles entoilées prennent facilement de l'humidité au contact de la pâte humide, et il faut faire soigneusement sécher les bannetons d'une opération à l'autre. Pour faire disparaître les inconvénients dus à la présence de la toile,

M. Fairwather-Deschilder construit des bannetons où la toile ordinaire est remplacée par une toile de nickel pur.

Au lieu de faire subir la fermentation à la pâte en bannetons, on la met parfois sur des couches. On désigne sous ce terme des toiles, saupoudrées de farine, ou de petit son: on dépose le pain tourné sur la toile, que l'on replie ensuite de manière à envelopper la pâte de tous côtés. Les toiles sont disposées sur une planche horizontale, et les planches sont le plus souvent contenues dans un meuble spécial auquel on donne le nom de couche à pains (fig. 144). Le procédé des couches est employé pour les pains qui doivent avoir tous égal volume et même forme, la toile, soigneusement pliée, retenant très bien la pâte dans tous les sens. Le procédé des bannetons offre le grand avantage qu'on peut déplacer les corbeilles et les mettre dans un endroit plus ou moins chaud selon que la fermentation a besoin d'être plus ou moins activée.

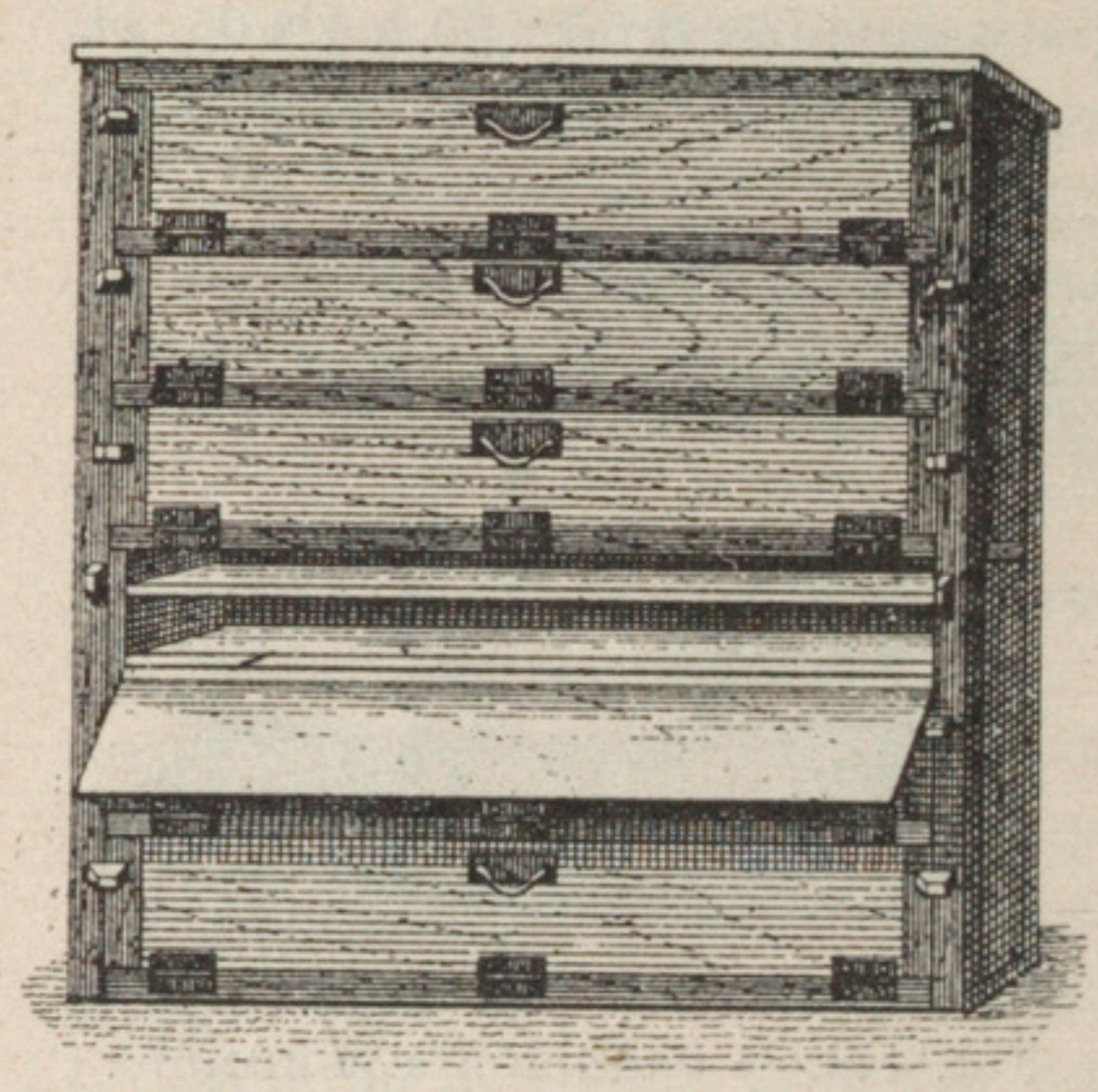


Fig. 144. — Couche à pains.

La pâte se comporte différemment pendant la fermentation selon la manière dont elle a été travaillée : avec un levain jeune, exempt de fermentations acides, on voit la pâte se boursoufler peu dans le banneton et prendre au contraire une grande extension pendant la cuisson ; le gluten, qui n'a pas été touché par l'acidité, conserve toutes ses facultés élastiques et résistantes ; si, au contraire, on a traité des levains acides, le gluten se laisse facilement distendre : la pâte augmente beaucoup de volume pendant la fermentation, mais s'affaissera dans le four. Le boulanger dit alors que le travail est « pourri ».

Pendant la levée des pâtes, les bannetons sont empilés les uns sur les autres, et il faut avoir soin de les protéger par une

toile contre la dessiccation superficielle qui empêcherait l'extension en arrêtant la multiplication des globules. On découvre seulement au moment de l'enfournement, de manière à provoquer, au contraire, cette dessiccation et à faire « croûter ». Lorsque le pain présente une grande surface par rapport à sa masse, on a soin de le forcer en levure, pour pouvoir lutter plus efficacement contre la dessiccation superficielle.

Lorsque la pâte a suffisamment fermenté, qu'elle a pris un apprêt suffisant, elle est prête à être enfournée.

DIFFÉRENTS PROCÉDÉS DE PANIFICATION

Le procédé de panification ordinaire, tel que nous venons de l'exposer, réalise la levée de la pâte en faisant développer au sein de cette pâte un microorganisme capable de produire des gaz aux dépens des éléments de la farine. On a cherché, par différents moyens, à obtenir comme précédemment une pâte levée, condition indispensable pour que le pain soit digestible, mais en faisant appel à des agents extérieurs au pain, et n'empruntant, pour accomplir leur effet, aucun des éléments de la farine, ces derniers restant alors tout entiers à la disposition des consommateurs.

Dans une première série de procédés, on fait lever la pâte au moyen d'un gaz, développé au sein même de cette pâte; mais au moyen de réactifs convenables que l'on a préalablement incorporés à la masse : ce sont des procédés de panification chimique.

Procédé Liebig. — On obtient la levée de la pâte au moyen d'acide carbonique, produit par la réaction d'acide chlorhydrique sur du bicarbonate de soude. On obtient en même temps que l'acide carbonique du chlorure de sodium qui contribue à saler la pâte. En employant des proportions convenables des deux réactifs, il ne reste dans le produit final aucun corps qui ne se trouve dans le pain ordinaire. Les quantités à employer sont les suivantes : pour 100 kilogrammes de farine, il faut 1 kilogramme de bicarbonate de soude, $4^{kg},25$ d'acide chlorhydrique du poids spécifique de 1063 (solution à 13 p. 100

d'acide exempt d'arsenic), 1kg,750 à 2 kilogrammes de sel marin et 70 à 72 litres d'eau : 5 grammes de bicarbonate sont neutralisés exactement par 33 centimètres cubes d'acide. On est obligé d'ajouter une certaine quantité de sel, parce que le chlorure de sodium, formé par la réaction, serait insuffisant pour saler la pâte au degré voulu.

Pour l'emploi, on commence par réduire le bicarbonate de soude en poudre fine, et on le mélange intimement à la farine par des tamisages répétés ; on met ensuite de côté environ un cinquième du mélange. On fait dissoudre, d'autre part, le sel dans la quantité d'eau à employer, et, avec cette eau salée et le reste du mélange de farine et de bicarbonate, on fait une pâte. Dans cette pâte, on ajoute en pétrissant l'acide chlorhydrique, on incorpore également à la masse la farine tenue en réserve. Enfin on sépare la pâte en morceaux et on tourne les pains comme à l'ordinaire. Avant de procéder à la cuisson, on laisse les pains en repos pendant une demi-heure ou trois quarts d'heure. La pâte lève aussitôt, et régulièrement, ce procédé mettant le boulanger à l'abri des aléas que peut faire courir à la fabrication la qualité plus ou moins bonne des levains. Il suffit de régler la température, qui doit être modérée, pour obtenir de beaux pains. Ce procédé est évidemment très simple et très rationnel, mais il exige, pour donner de bons produits, des manipulations extrêmement soignées : une erreur dans le dosage des réactifs exposant à laisser dans la pâte, soit de l'acide chlorhydrique libre, soit du bicarbonate de soude. En outre, il est impossible pour le boulanger de constater si l'acide chlorhydrique qu'il emploie est bien réellement exempt d'arsenic.

Procédé Pusher. — On a cherché à éviter l'emploi de l'acide chlorhydrique. M. Pusher recommande dans ce but la formule suivante : pour 100 kilogrammes de farine, on se sert de 800 grammes de sel ammoniac, 1000 grammes de bicarbonate de soude et 2 kilogrammes de sel ordinaire. On obtient comme produits de la réaction du sel marin et du bicarbonate d'ammoniaque, qui se décomposera à la chaleur du four, l'acide carbonique et l'ammoniaque contribuant ensemble à faire lever la pâte.

Procédé Horsford. — On a proposé également, pour obtenir la levée de la pâte, des poudres boulangères, appelées en anglais poudres-levure (*yeast powder*), contenant des mélanges dosés de sels, soit acides, soit alcalins, la réaction des deux poudres devant provoquer un dégagement d'acide carbonique. Dans le procédé Horsford, la poudre acide est du phosphate acide de chaux, la poudre alcaline est constituée par le mélange de 500 parties de bicarbonate de soude avec 443 parties de chlorure de potassium. Pour 100 kilogrammes de farine, on ajoute $2^{kg},6$ de poudre acide et 1 kilogramme de poudre alcaline.

La *self-raising flour* est encore une poudre boulangère, composée de 2 parties de farine de riz, et de 1 partie d'un mélange d'acide tartrique et de bicarbonate de soude.

Bien d'autres réactifs ont été encore employés ; comme acide : le phosphate acide d'ammoniaque, le lactate acide de chaux, le sulfate acide de potasse et de soude, l'alun ; comme composé alcalin : le bicarbonate de soude et le sesquicarbonate d'ammoniaque.

Tous ces procédés sont peu recommandables ; on n'est jamais sûr que les réactifs employés aient la pureté suffisante ; on peut toujours craindre une erreur dans la proportion employée ; on retrouve enfin dans les pâtes des résidus de réaction qui ne figurent pas dans le pain normal, et dont quelques-uns comme l'alun rendent le pain indigeste.

L'avantage des procédés de panification chimique, si cela est un avantage, est de permettre la fabrication du pain avec des farines dans un état de conservation trop défectueux pour pouvoir subir utilement la véritable fermentation panaire.

Il existe enfin un dernier procédé, qui n'est plus à proprement parler un procédé chimique, et qui se propose d'incorporer à la pâte, préparée toujours sans levain, de l'acide carbonique en nature, obtenue par une opération distincte du pétrissage. On ne mélange donc plus ici aucun produit chimque à la farine ; c'est le procédé Dauglish, qui donne le pain consommé en Angleterre, sous le nom d'« *aerated bread* ».

Procédé Dauglish. — Le principe de ce procédé consiste à pétrir la farine, dans un pétrin fermé, et sous pression, avec

de l'eau saturée d'acide carbonique. L'appareil (fig. 145) employé pour arriver à ce résultat comprend deux parties principales : un pétrin et un réservoir à eau et à gaz. Le pétrin est formé par une capacité sphérique, en tôle, mesurant environ 1 mètre de diamètre, et pouvant résister à une pression de 20 kilogrammes. A la partie supérieure, une large ouverture sert pour l'introduction de la farine ; à la partie inférieure, une autre ouverture laisse passer la pâte une fois achevée. Ces deux ouvertures peuvent être fermées hermétiquement. Par le centre de la sphère passe un arbre pourvu de bras, qui sert à opérer le mélange de la farine et de l'eau, et qui est commandé par un système de roues dentées, entraînées par une courroie, commandée elle-même au moyen d'une machine à vapeur.

Le réservoir à gaz est placé au-dessus du pétrin précédent ; ce réservoir est formé par un récipient de forme cylindrique, en cuivre, étamé intérieurement. Un robinet, placé à la partie supérieure du récipient, permet de le relier à un réservoir d'eau et de le remplir aux trois quarts. A la partie inférieure, débouche par une sorte de pomme d'arrosoir un tube qui amène l'acide carbonique. Cet acide carbonique est prélevé dans un gazomètre et refoulé dans le récipient grâce à une pompe de compression. Le gaz est produit au moyen de craie et d'acide chlorhydrique, la préparation par calcination de la craie dans des cornues en fer ou en terre, en présence de vapeur d'eau, n'ayant donné que de mauvais résultats. Le gaz carbonique, refoulé par la pompe, se dissout dans l'eau du réservoir, puis l'excès de gaz s'accumule au-dessus de l'eau, dans l'espace qui reste libre à la partie supérieure du récipient, espace qui communique avec le pétrin, au moyen d'un tube vertical. Finalement le gaz non employé fait retour au gazomètre.

L'opération se poursuit de la manière suivante : on introduit dans le réservoir supérieur 90 à 100 litres d'eau, à une température aussi basse que possible, de manière à dissoudre une forte quantité de gaz ; on verse dans la sphère qui figure le pétrin, un sac de farine et $1^{kg},500$ à 2 kilogrammes de sel marin, on ferme hermétiquement toutes les ouvertures, puis, par la canalisation à gaz qui est à cet effet convenablement

disposée, munie d'une soupape et d'un robinet à trois voies, on fait le vide dans tout l'appareil au moyen d'une machine

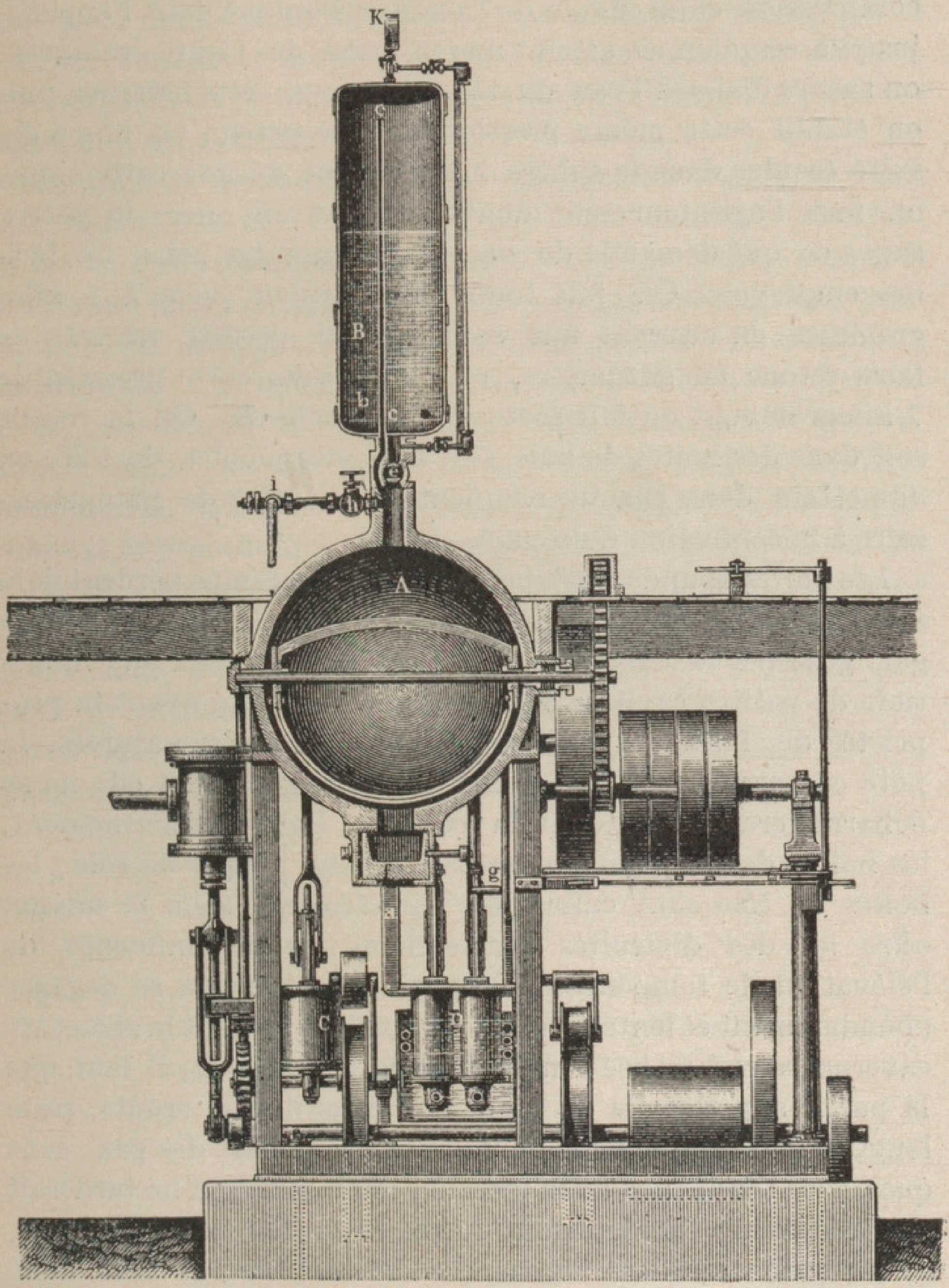


Fig. 145. — Appareil Danglish.

pneumatique. Cette précaution est nécessaire, parce que, en fin de travail, le gaz restant dans le pétrin doit retourner

dans le gazomètre et ne doit donc pas être, par conséquent, mélangé d'air. Ceci fait, on met en marche la pompe de compression et on envoie de l'acide carbonique dans l'appareil jusqu'à ce qu'on ait atteint une pression de 14 kilogrammes ; on sature d'abord l'eau du réservoir sous cette pression, puis on établit cette même pression dans le pétrin. On laisse ensuite écouler dans la sphère l'eau saturée de gaz carbonique, on met l'agitateur en mouvement, et on opère le pétrissage, ce qui demande de cinq à dix minutes selon les farines employées. On fait tomber la pression jusqu'à 7 kilogrammes en ouvrant une soupape qui permet au gaz de faire retour au gazomètre, et enfin, sous cette pression de 7 kilogrammes, on fait sortir la pâte achevée. On la reçoit, soit dans des boîtes de bois, soit dans des moules de tôle, en admettant dans chaque récipient la quantité de pâte nécessaire à la confection d'un pain.

Les boîtes abandonnées pendant quelque temps perdent déjà une partie de leur acide carbonique en excès, et le départ de ce gaz, gêné par la résistance de la pâte, produit déjà une multitude de petites cavités. Mais le gaz carbonique ayant la propriété de former avec l'eau des solutions sursaturées, la pâte conserve encore un grand excès de gaz, dont elle ne se débarrassera que pendant la cuisson. Pour l'enfournement, les boîtes de bois sont renversées sur une plaque de tôle ; les boîtes de tôle sont enfournées directement, mais la cuisson offre ici des difficultés particulières ; sous l'influence de l'élévation de température, le gaz carbonique va se dégager abondamment et lentement, en donnant au produit la structure caverneuse recherchée ; mais, dans le cas présent, il faut que la partie superficielle du pain, qui constitue la croûte, reste longtemps élastique pour ne pas gêner le départ des gaz ; sans quoi, sous l'influence de la pression intérieure, qui ne tarderait pas à devenir extrêmement forte, la croûte serait rompue, et les pains auraient un aspect défavorable ; il faut donc réaliser une cuisson très lente. A cet effet, M. Dauglish a construit un four spécial, dans lequel la partie qui reçoit les pains à cuire est constituée par un assemblage de plaques de tôles, formant une toile sans fin. Les plaques sont chauffées par

la partie inférieure, et beaucoup plus à une extrémité qu'à l'autre. Les pains sont placés sur la toile sans fin, vers la partie la moins chaude; ils avancent lentement vers la partie la plus chaude et arrivent cuits à l'autre extrémité du four. La longueur de la toile sans fin est de 12 mètres et le parcours dure une demi-heure.

Ce procédé de panification est extrêmement rapide, la durée des opérations étant en tout d'une heure et demie environ ; il est en outre extrêmement propre, le contact des mains de l'ouvrier n'intervenant nulle part ; le produit fabriqué peut enfin être toujours semblable à lui-même. Pourtant on a reproché au pain, ainsi fabriqué, d'être naturellement fade, justement à cause de l'absence des produits de la fermentation même, ou des produits donnés par les fermentations secondaires. On peut employer, pour remédier à cet inconvénient, le procédé qui consiste à préparer un moût en brassant du malt mélangé de farine, et à le laisser fermenter spontanément ; on ajoute alors une partie du liquide qui est faiblement acide, à l'eau qui doit être chargée d'acide carbonique, pour le pétrissage. La fabrication de ce pain, aujourd'hui assez considérable à Londres, se répand en Angleterre et plusieurs villes d'Allemagne l'ont essayée avec succès.

CHAPITRE XII

LA CUISSON DU PAIN

FOURS CHAUFFÉS AU BOIS, AU CHARBON AU GAZ D'ÉCLAIRAGE

ENFOURNEMENT DU PAIN FLEURAGES. CUISSON. DÉFOURNEMENT

BUT DE LA CUISSON DU PAIN

La cuisson que l'on fait subir à la pâte convenablement levée a pour effet de transformer celle-ci en pain. Il faut arrêter la fermentation et rendre pour ainsi dire définitifs les avantages procurés par la levée de la pâte. Si l'on a eu affaire à une farine de bonne qualité et si la fermentation s'est passée normalement, on voit, au moment de l'enfournement, chaque bulle d'acide carbonique se trouver pour ainsi dire emprisonnée dans une enveloppe de pâte. Cette dernière est presque imperméable et retient énergiquement les gaz; ceux-ci, se dilatant sous l'effet de la chaleur, secondés du reste dans cette action par la dilatation de la vapeur d'eau échappée à la masse, distendent devant eux cet obstacle élastique que leur présente le feuillet de gluten ; ils font gonfler le pain ; ils lui donnent son volume définitif. Mais il arrive un moment où, la température s'élevant toujours, le gluten se coagule ; alors, s'il n'a pas été altéré par un trop grand développement d'acidité au cours de la fermentation, il reste ferme pendant le refroidissement, le pain se présente bien ouvert et léger ; il sera d'une digestion facile. Dans le cas contraire, le gluten, qui a perdu toute sa nervosité, se laisse distendre outre mesure par les gaz qui arrivent à rompre la barrière qui les retenait ; le pain, après s'être démesurément gonflé, retombe

ensuite et ne donne plus qu'un produit lourd, de digestion pénible.

Au cours de cette cuisson, non seulement on verra disparaître de la pâte l'excès d'eau qu'elle renfermait, mais encore il faudra transformer toute la partie superficielle du pain en un produit nouveau : la croûte, formée par une sorte de caramélisation des parties périphériques. Cette transformation des matières hydrocarbonées humides se faisant à partir de 200°, il faudra que le four du boulanger soit porté au moins à cette température. On a calculé que la quantité de chaleur, à fournir dans ces conditions pour transformer la pâte en pain, était de 300 grandes calories par kilogramme de pain, en supposant la température initiale de la pâte de 20°; c'est la quantité de chaleur qui est nécessaire pour échauffer 3 kilogrammes d'eau de 0° à 100°.

COMBUSTIBLES EMPLOYÉS EN BOULANGERIE

Le chauffage des fours de boulangerie peut se faire de diverses manières, selon que l'on brûle du bois, du charbon ou du gaz d'éclairage. Toute espèce de bois peut convenir pour le chauffage d'un four ; mais la quantité qu'il est nécessaire de brûler dépend naturellement de la qualité du produit considéré. Sous ce rapport, les meilleurs bois sont : le chêne, l'ormeau, l'olivier, le hêtre, le châtaignier, le buis ; mais le prix élevé de ces combustibles fait qu'on leur préfère le bois de frêne, de bouleau, et autres bois blancs. Il faut, en tout cas, avoir soin de n'employer que des bois bien secs ; les bois humides donnent beaucoup de fumée et beaucoup de vapeur d'eau qui refroidit le four. C'est pourquoi le boulanger établit souvent sa provision de bois dans le voisinage du four pour dessécher le combustible le plus possible avant l'emploi. Pour la même raison, il faut éviter l'emploi du bois flotté. On rejettera le bois de démolitions, et en général tous les bois qui ont été peints, les oxydes métalliques qui forment les couleurs pouvant offrir des dangers pour la consommation.

Comme charbon, on fait usage de coke ou de houille, mais

le four qui doit être chauffé de cette manière doit subir certaines modifications dans sa construction, comme nous allons le voir tout à l'heure.

LES FOURS DE BOULANGERIE

Les fours actuellement employés pour la cuisson du pain appartiennent à plusieurs types différents. Nous distinguerons en premier lieu les fours à chauffage direct et les fours à chauffage indirect ; dans les premiers, le combustible est brûlé directement dans le four lui-même ; ces fours sont chauffés exclusivement au moyen du bois ; dans les seconds, le combustible, qui peut cette fois être indifféremment du bois ou du charbon, est brûlé dans un foyer adjoint au four, et seuls les gaz chauds provenant de la combustion sont envoyés dans le four. On conçoit aisément que, dans ce second système, la propreté du four soit beaucoup plus grande que dans le premier.

En second lieu, le chauffage peut être intermittent ou, au contraire, continu ; dans le premier cas, lorsqu'il y a plusieurs fournées à cuire successivement, il faut réchauffer le four entre deux cuissons ; dans le second cas, qui ne peut être employé que si l'on a à cuire régulièrement de grandes quantités de pain, il y a un foyer constamment allumé, dont on dirige les gaz, tantôt dans le four pour le chauffer, tantôt dans une cheminée, pendant que la cuisson se fait ; le réchauffage du four entre deux cuissons est alors obtenu beaucoup plus rapidement que dans le cas précédent.

Enfin une dernière catégorie de fours est chauffée, non plus directement par les produits chauds de la combustion, mais par conductibilité. Les gaz provenant du foyer circulent dans des canaux qui entourent le four, mais sans jamais pénétrer à l'intérieur. Ces fours sont dits fours aérothermes.

On peut encore, à un autre point de vue, distinguer les fours selon la conformation de la surface qui reçoit le pain à cuire, surface qui porte le nom de sole. Le plus souvent, cette sole est fixe, établie à demeure dans la maçonnerie du four ; parfois cependant cette sole est mobile, soit qu'elle puisse tourner

sur elle-même de manière que ses différentes parties viennent successivement se présenter à l'entrée du four, soit qu'elle puisse être sortie entièrement hors du four pour faciliter le chargement des pains à cuire.

LA CUISSON DU PAIN DANS L'ANTIQUITÉ

La cuisson du pain fut d'abord faite de façon très rudimentaire. Différents passages de la *Genèse* et de l'*Exode*, montrent que le pain était simplement cuit sous la cendre du foyer. Plus tard on eut l'idée, pour faire cuire les pains, de les placer entre deux pierres plates fortement chauffées, et on faisait ainsi des piles, composées alternativement d'une pierre chauffée, d'un pain, d'une pierre chauffée, etc. Plus près de nous, on a retrouvé des fours romains à Pompéï et des fours grecs. Les premiers se composaient d'une sole horizontale, surmontée d'une voûte, le tout en maçonnerie; à la partie antérieure se trouvait une ouverture pour l'entrée du combustible et l'enfournement des pains. A la partie supérieure et antérieure de la voûte, se trouvait un conduit pour l'évacuation des gaz de la combustion. Le tout était supporté par une voûte sous laquelle on disposait le bois pour le faire sécher.

Les fours grecs de Tanagra, d'après M. Sérand, offraient une ouverture latérale, et un combustible chauffait la sole du four par-dessous. La sole s'étendait seulement sur la moitié de la profondeur du four, et un rebord empêchait les produits à cuire de tomber dans le foyer. Une ouverture, percée à la partie supérieure de la voûte du four, servait à l'évacuation de la fumée.

FOURS DES TEMPS MODERNES. FOURS A CHAUFFAGE DIRECT

Le four de boulangerie est constitué par un massif de maçonnerie, de forme rectangulaire, à l'intérieur duquel est disposée la chambre de cuisson : le four proprement dit. Il est

indispensable que les parois délimitant cette chambre de cuisson soient très épaisses, et construites en matériaux aussi mauvais conducteurs que possible de la chaleur, de manière que le four, une fois chaud, ne se refroidisse que le plus lentement possible. La grandeur de la chambre de chauffe varie selon l'importance du travail qu'il s'agit d'exécuter. La forme générale de cette chambre est, en plan horizontal, ovoïde

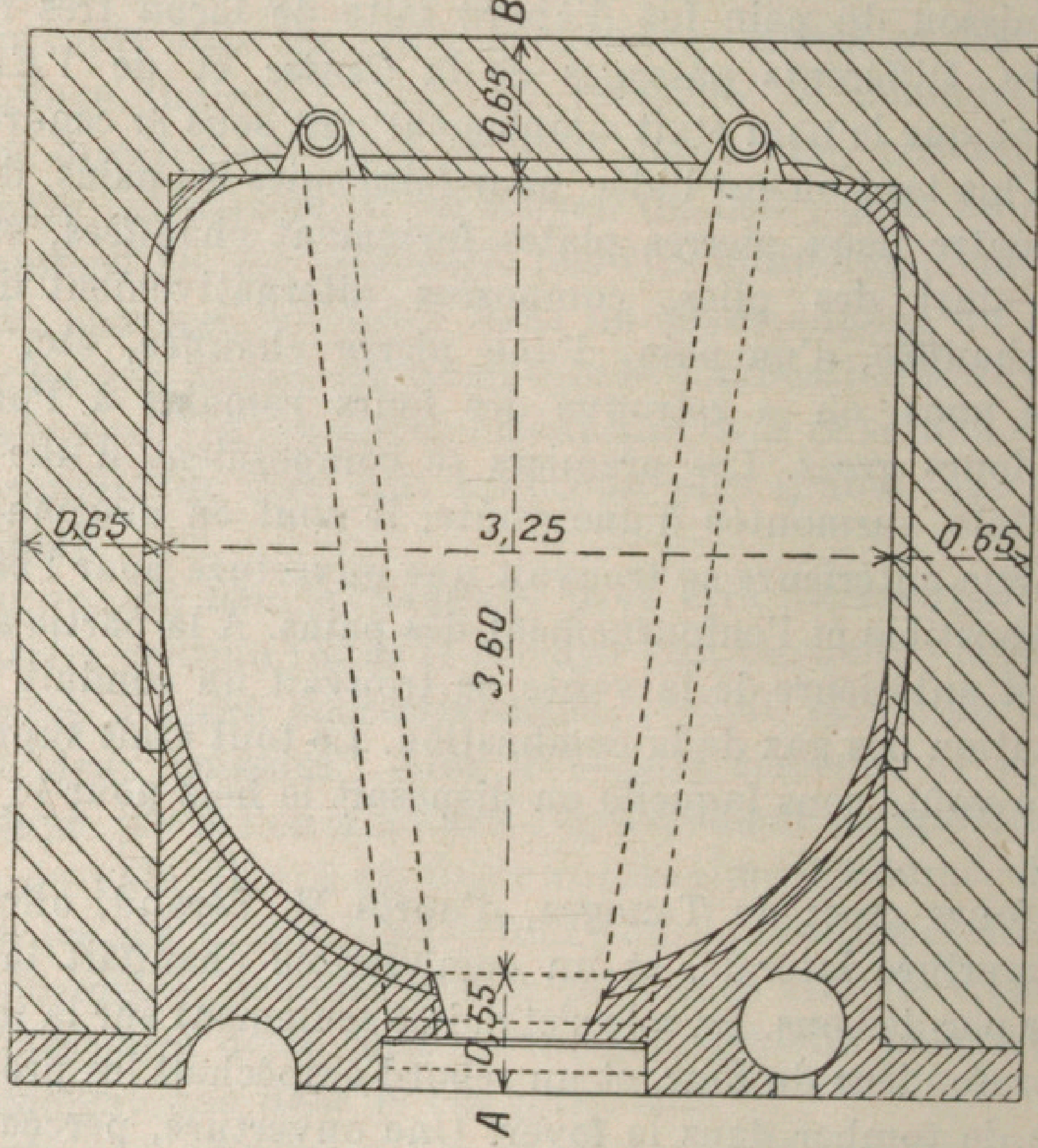


Fig. 146. — Four Ressort : plan.

ou pyriforme (l'entrée du four correspondant à l'extrémité la plus étroite), ou rectangulaire, avec coins arrondis. Cette dernière disposition est celle qui est adoptée par M. Ressort, constructeur du four, dont nous donnons ci-contre les dessins. (fig. 146, 147, et 148). Le massif dans lequel est établi le four, mesure $2^m,40$ de hauteur, 4^m80 de profondeur, et $4^m,55$ de largeur. La chambre de chauffe mesure $3^m,25$ de largeur sur $3^m,60$ de profondeur, l'épaisseur des parois étant de $0^m,65$.

On place généralement de chaque côté de l'entrée du four, comme on le voit sur le plan ci-joint, d'une part la chaudière

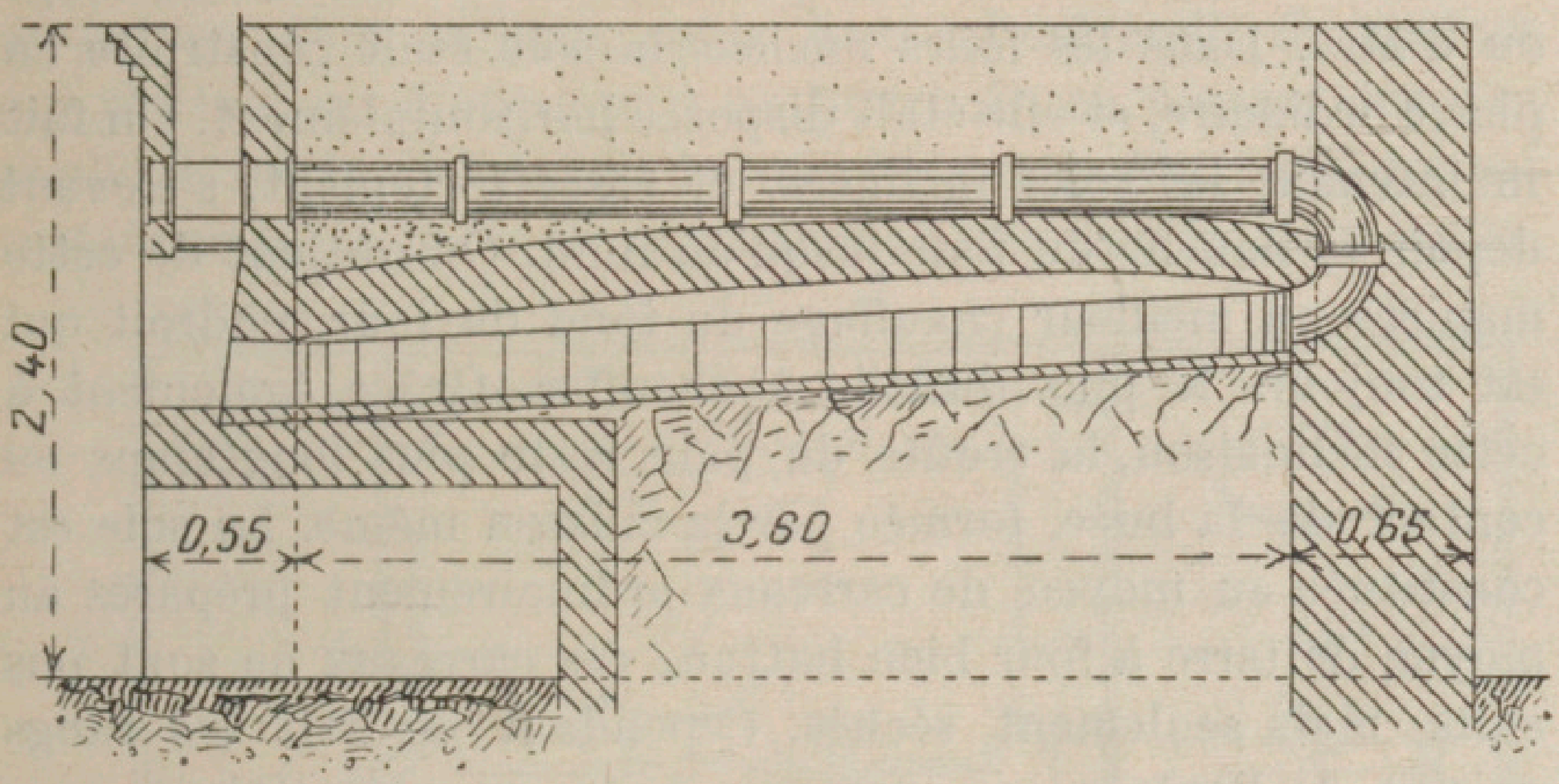


Fig. 147. — Four Ressort : coupe.

qui sert à échauffer l'eau nécessaire pour le pétrissage, et d'autre part une niche destinée à recevoir l'étouffoir, récipient métallique dans lequel on enferme le bois encore brûlant que

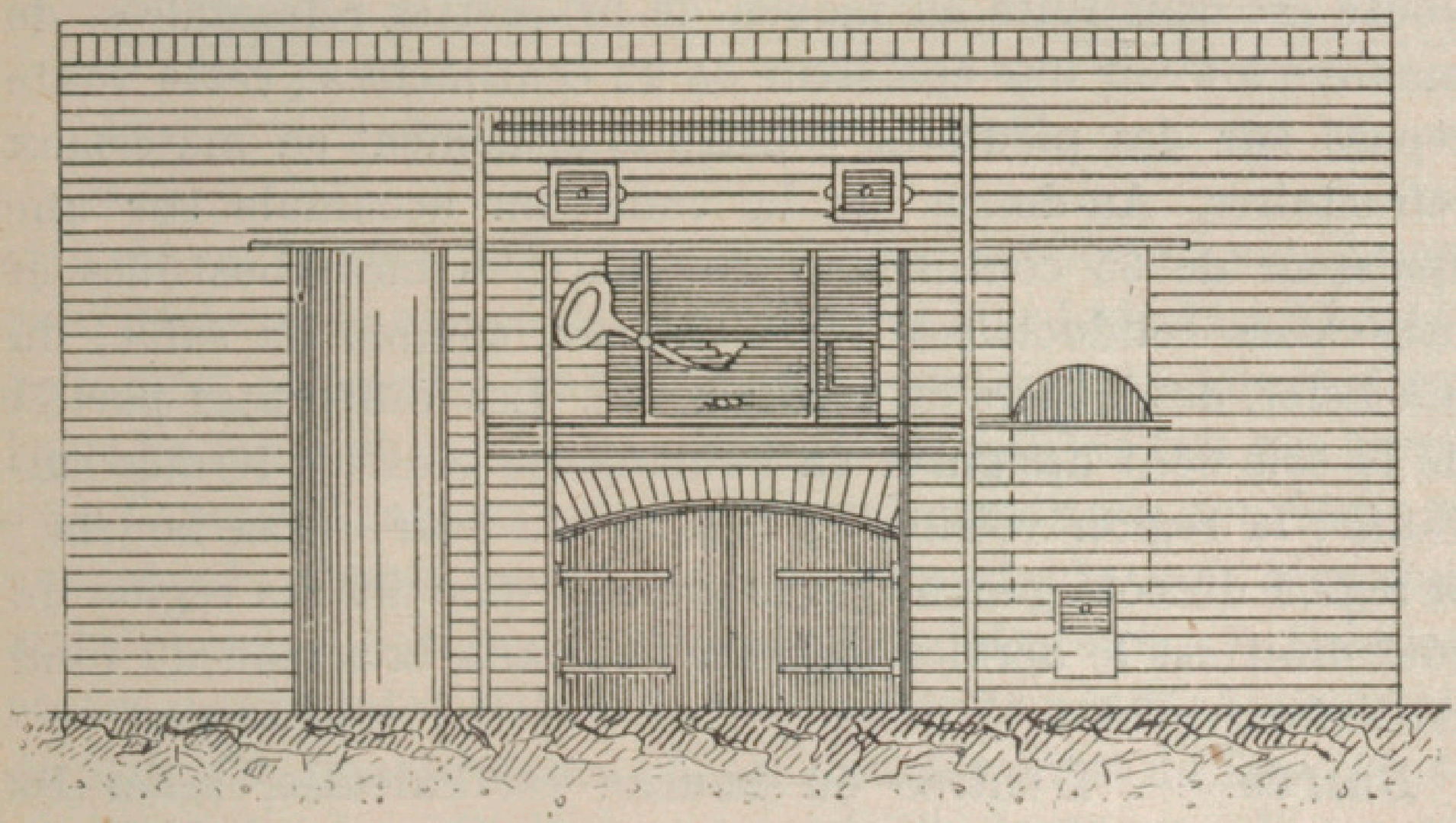


Fig. 148. — Four Ressort : façade.

l'on retire du four, le chauffage une fois terminé; ce bois après refroidissement, constituera la braise des boulangers.

Dans le four, il faut distinguer plusieurs parties : la sole,

la voûte, l'entrée, l'autel, l'arcade, les ouras, la toilette et le bouchoir.

Sole. — La sole du four porte aussi le nom de carrelage ou d'âtre. Dans les fours anciens, la sole était construite en pierre ordinaire, et elle était disposée horizontalement. On fait maintenant les soles inclinées, et assez fortement, s'élevant depuis la bouche du four jusqu'au fond. On obtient de cette manière un meilleur chauffage du fond du four, endroit qui est toujours le plus difficile à chauffer. Grâce également à cette inclinaison, la croûte du pain reste plus longtemps au contact de la buée, formée par la cuisson même. La sole est constituée au moyen de carreaux ordinairement préparés au moyen de terre à four bien battue ; ces carreaux ne sont pas cuits, mais seulement séchés. Cependant on fait les rangs voisins de l'entrée en carreaux cuits ou réfractaires, pour éviter leur usure trop rapide.

Voûte. — La voûte, ou dôme, ou chapelle, est la partie du four qui est placée au-dessus de la sole : elle suit l'inclinaison de la sole, et la distance qui la sépare de cette dernière est, dans le cas du chauffage au bois, de 35 à 40 centimètres. La voûte est construite au moyen de briquettes réfractaires, de manière à avoir une épaisseur de 22 centimètres ; cette voûte repose sur des piédroits, construits également en matériaux réfractaires. Au-dessus de la voûte, on accumule sur une épaisseur de 35 centimètres, des matières incombustibles et mauvaises conductrices de la chaleur, comme du sable, du mâchefer, des laitiers de fonderie, etc. Les différentes parties de la sole sont désignées en boulangerie sous les termes suivants : la région voisine de l'entrée du four est la bouche ; la région du côté gauche est le premier quartier ; la région du côté droit est le dernier quartier ; et enfin la région du fond est le fond.

Entrée. — L'entrée ou bouche est calculée, selon les dimensions des pains à cuire ; elle est munie, sur tout son pourtour, d'une partie métallique en fonte, contre laquelle peut s'appliquer la porte du four ou bouchoir.

Bouchoir. — On appelle bouchoir la porte destinée à fermer aussi hermétiquement que possible l'entrée du four, pour em-

pêcher la buée, ou vapeur d'eau, de s'échapper au dehors. Cette porte est en fonte : elle se déplace dans des coulisses verticales, formant ainsi un système à guillotine. La porte est équilibrée au moyen d'un ou deux poids, fixés à l'extrémité de chaînes qui s'attachent d'autre part au bouchoir, en passant sur une poulie. Dans le système de bouche viennoise (fig. 149), qui est très répandu, la porte se manœuvre au moyen d'un petit levier,

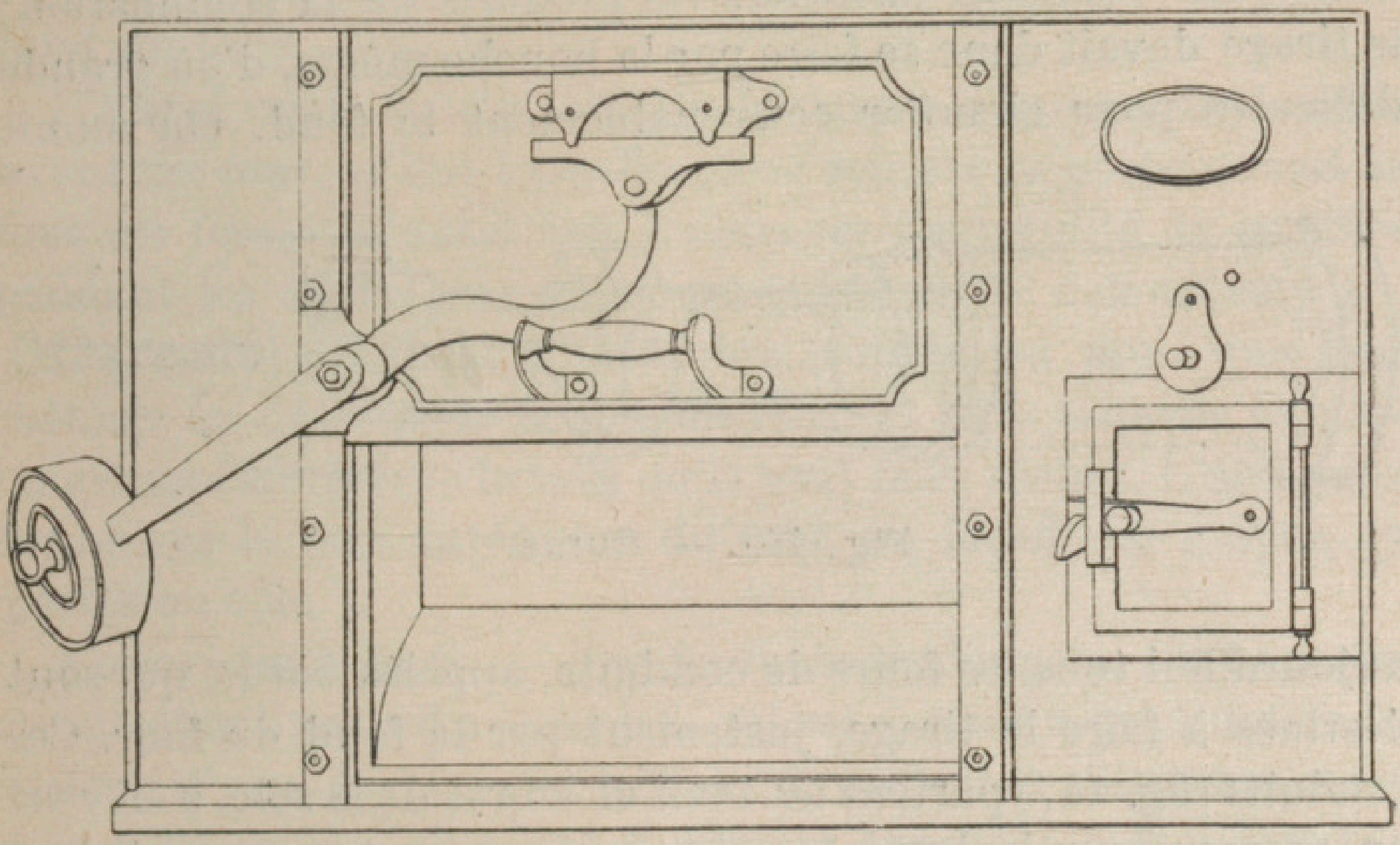


Fig. 149. — Bouche viennoise.

articulé sur le côté de l'entrée du four et qui porte à une de ses extrémités un contrepoids, parfois assez lourd (de 12 à 35 kilogrammes), qui rend la manœuvre de la porte extrêmement aisée. Dans les fours de campagnes, la porte du four ne fait pas corps avec l'appareil même : cette porte est constituée souvent par une simple plaque métallique que l'on adapte tant bien que mal devant la bouche. Ce système est défecteux, car il laisse perdre une grande partie de la buée produite pendant la cuisson du pain. On remarque encore, sur l'un des côtés du four, généralement sur le côté droit, une sorte de boîte, que l'on peut fermer par une petite porte, et qu'on appelle la lanterne. Pendant les opérations de l'enfournement et du défournement du pain, on place dans cette lanterne un appareil quelconque, au gaz, à l'huile, ou au pétrole, qui permet d'éclairer l'intérieur

du four. A défaut de lanterne, on éclaire l'intérieur du four, au moyen de petits morceaux de bois bien secs qu'on brûle dans une petite caisse de tôle, pourvue de barreaux, et que l'on peut déplacer pour éclairer successivement les différentes parties du four ; cette petite caisse s'appelle le porte-allume, et les morceaux de bois constituent l'allume.

Ouras. — Dans les fours anciens, il n'existait pas de conduits pour emmener au dehors les produits de la combustion ; le tirage devait donc se faire par la bouche même, d'où grande difficulté pour chauffer convenablement le fond. On munit

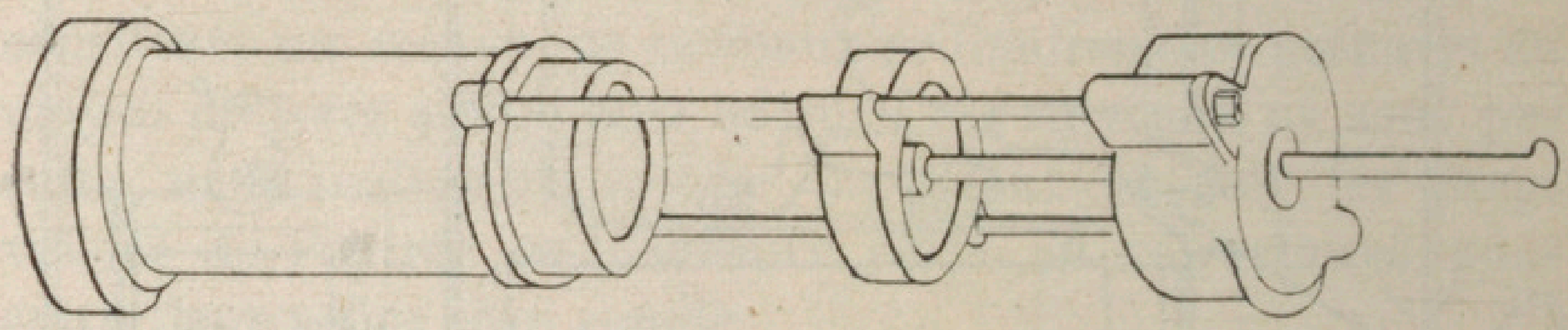


Fig. 150. — Ouras.

aujourd'hui tous les fours de conduits, appelés ouras, qui sont destinés à faire le tirage, justement par le fond du four. Ces conduits (fig. 147) partent du fond et au ras de la sole, s'élèvent un moment verticalement, puis se recourbent pour se diriger ensuite horizontalement en passant au-dessus de la chapelle, vers la partie antérieure du four ; là ils débouchent dans une cheminée verticale qui évacue toutes les fumées au dehors. Les ouras ne doivent fonctionner que pendant le chauffage ; pendant la cuisson, ils doivent être hermétiquement fermés, toujours pour éviter toute déperdition de vapeur. La fermeture se fait au moyen de tampons (fig. 150), manœuvrés du dehors au moyen de tiges, et qui viennent s'appliquer à l'endroit où le oura débouche dans la cheminée. Le nombre des ouras que l'on dispose est variable suivant que l'on veut plus ou moins distribuer les gaz chauds dans toutes les parties du four. En général, deux ouras suffisent ; on les place symétriquement de chaque côté de l'axe du four ; parfois on dispose un troisième oura suivant cet axe même. Les ouras doivent être fréquemment nettoyés, sans quoi ils seraient rapidement bouchés par la suie légère qui s'y dépose.

Toilette. — On désigne sous le nom de toilette la porte de tôle qui ferme, horizontalement, la partie inférieure de la cheminée ; cette porte peut se rabattre, en pivotant autour de charnières, et établir ainsi une communication directe entre la cheminée et la bouche du four : on peut ainsi attirer les flammes directement dans la cheminée, de manière à chauffer les parties antérieures du four ; on ferme, au contraire, la toilette, lorsque l'on veut faire passer les flammes par les ouras pour chauffer le fond du four.

L'*autel* est la petite tablette horizontale qui se trouve en avant du four, et sur laquelle vient reposer la porte quand le four est fermé. L'autel sert à appuyer l'extrémité de la pelle pendant les opérations d'enfournement et de défournement.

L'*arcade* enfin est la chambre, voûtée ou non, que l'on ménage au-dessous de la sole du four, et dans laquelle le boulanger met en réserve le bois qu'il veut faire sécher. L'arcade se ferme sur la face antérieure du four, ou façade au moyen de portes en tôle.

Appareils à buée. — Les fours de boulangerie sont encore munis d'un appareil accessoire, qui est destiné à produire de la vapeur d'eau, de la buée, le pain devant être cuit pour ainsi dire à l'étouffée. Il existe différents types de ces appareils :

L'appareil Lanchon est indépendant du four ; il se compose d'une petite chaudière munie d'un foyer spécial ; l'eau vaporisée est conduite dans le four au moyen d'un tuyau.

L'appareil Mousseau est, au contraire, chauffé par le four lui-même ; il se compose d'une sorte de gros tube, alimenté directement par la conduite d'eau, ou au moyen d'un réservoir. Ce tube est disposé en travers du four, à la bouche et sous le carrelage. La vapeur se dégage à droite et à gauche de chaque côté des piédroits au moyen de deux vaporisateurs, qui, tournés vers le fond du four, répartissent la buée dans tout l'intérieur.

L'appareil Loriot se compose simplement d'une sorte de caisse en cuivre mesurant 48 centimètres de longueur et 18 centimètres de diamètre, dans laquelle on introduit de l'eau chaude par une ouverture que l'on ferme ensuite au moyen d'un bouchon à vis. La boîte une fois pleine est poussée dans le four, quand il est chaud, et la vapeur formée se dégage par

trois petits tuyaux, recourbés en serpentin. On peut, selon les besoins, déplacer cet appareil et le promener successivement dans toutes les parties du four.

Chauffage du four. — Pour chauffer un four au bois, on commence par établir un foyer dans le fond du four ; on dispose une bûche qui sert de support à deux autres bûches entrecroisées à leur extrémité antérieure, et sur ces deux bûches on

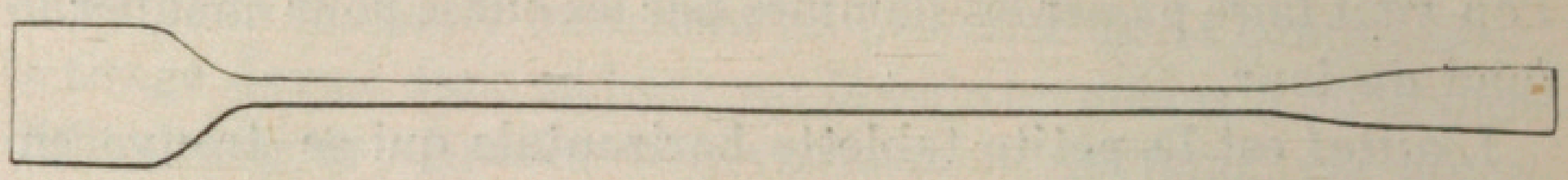


Fig. 151. — Pelle de charge.

en place encore deux autres en travers ; le tout constitue la charge. Au moyen d'un tison enflammé, on met le feu vis-à-vis la bouche du four ; puis on étale la braise à mesure qu'elle se produit pour ne pas surchauffer l'âtre en un point donné ; on dirige le bois en combustion dans les différents points du four, et on rajoute les nouvelles bûches toujours par-dessus les anciennes. Pour exécuter ces différentes opérations, l'ouvrier

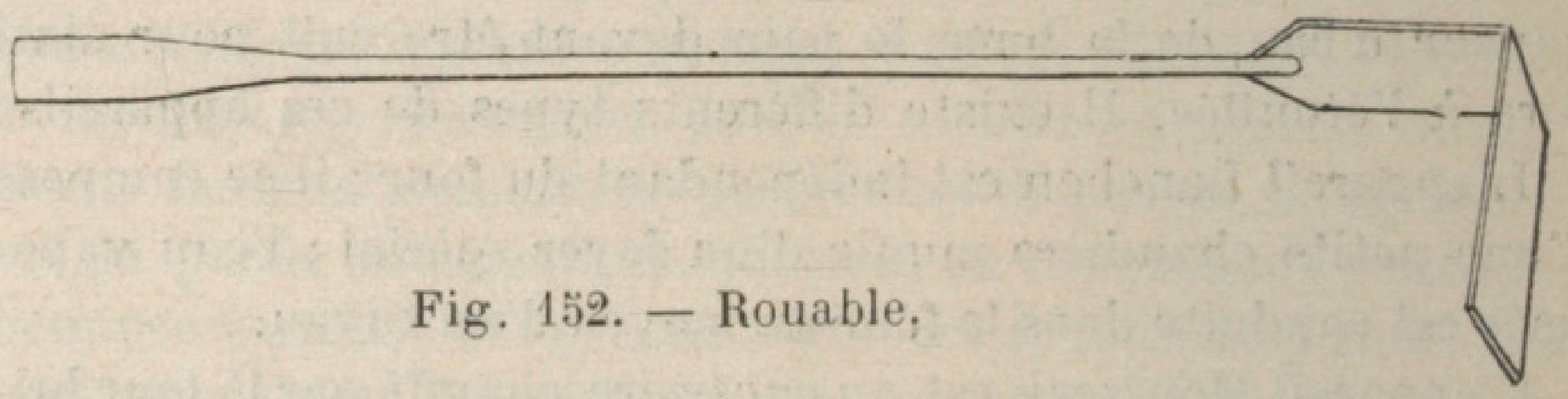


Fig. 152. — Rouable,

se sert de la *pelle* ou *fourgon*, tige de fer aplatie montée à l'extrémité d'une longue perche, et du *rouable* (fig. 151 et 152), tige de fer coudée à angle droit qui sert plus spécialement à disposer la braise, et finalement à la tirer jusqu'à l'entrée du four; il y a de grands et de petits rouables, selon la longueur de leur manche. La braise enflammée est alors ramassée au moyen de pelles de fer de forme rectangulaire, et versée dans l'étouffoir (fig. 153), grand récipent de forme cylindrique, fait en tôle ou en cuivre, qu'on peut fermer exactement au moyen d'un couvercle, muni d'une anse. Dans ce récipient, la braise s'éteint, se refroidit, et il n'y a plus qu'à la tamiser pour pouvoir ensuite la vendre comme allume-feu.

Pour chauffer les autres parties du four, on établit un second foyer, du côté de la bouche du four, et à environ un tiers de sa profondeur, en disposant les bûches, fendues en long, de part et d'autre d'une bûche disposée dans la direction médiane du four. La charge ainsi disposée, on opère comme précédemment. Si enfin l'entrée du four n'était pas suffisamment chaude, on achèverait de la chauffer à l'aide d'un peu de petit bois.

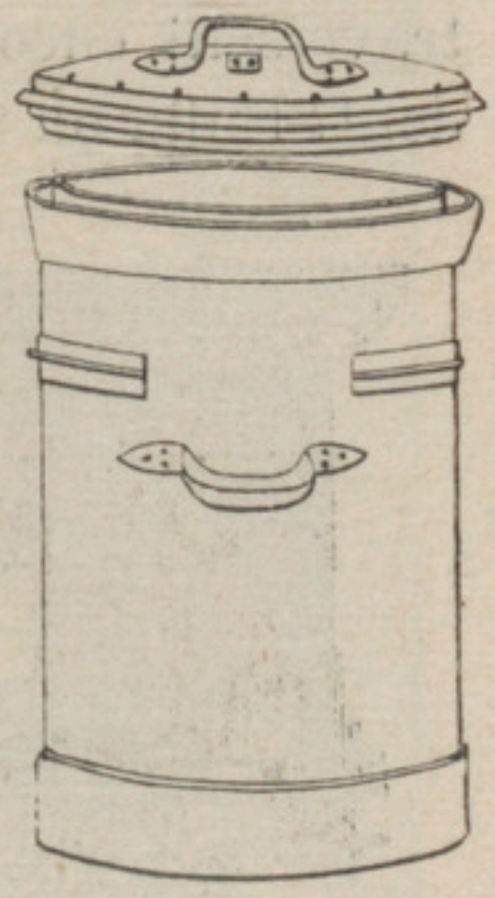


Fig. 153.
Étouffoir.

Il faut ainsi chauffer le four de manière que sa température atteigne environ 250 degrés ; mais très souvent on n'exerce aucun contrôle sur ce point et l'expérience de l'ouvrier boulanger intervient ici pour une grande part ; on détermine la température par la couleur blanchâtre que prend la chapelle. Cependant on peut faire une mesure exacte, au moyen du pyromètre, et cet appareil, qui fonctionne déjà dans un grand nombre de boulangeries, devrait se trouver dans toutes.

Lorsque le four est chaud, on ne peut pas encore enfourner le pain tout de suite ; l'âtre a bien été débarrassé de la grosse masse de la braise, mais il en reste encore de petits fragments, les carreaux du four sont salis par la cendre ; aussi l'ouvrier a-t-il soin de passer sur la sole un *écouvillon*, c'est-à-dire des chiffons de toile grossière, mouillés, et maintenus par une petite chaîne à l'extrémité d'une longue perche .

Four au bois, système Mousseau. — Dans ce four, encore dépourvu de foyer, les choses sont disposées de manière que le chauffage puisse se faire du fond vers la bouche, de la bouche vers le fond, ou de la partie médiane, à la fois vers le fond et vers la bouche.

Pendant toute la durée du chauffage la porte reste fermée, l'air nécessaire à la combustion est admis par un conduit qui vient de l'arcade, et débouche à l'entrée du four ; ce conduit peut être plus ou moins ouvert, grâce à un tampon de fermeture que l'on manœuvre de la façade du four, au moyen d'une tige. Lorsque les choses sont disposées comme dans le n° 1 (fig. 154),

le feu est placé dans le fond du four, et, les ouras étant fermés, les flammes reviennent vers la bouche du four pour gagner la cheminée dont la toilette est ouverte. Dans la disposition n° 2 (fig. 155), l'inverse se produit : le foyer est placé vers la partie antérieure et les ouras seuls sont ouverts ; les flammes traversent encore tout le four, dans le sens inverse du précédent. Enfin on voit sur la figure n° 3 (fig. 156) brûler en même

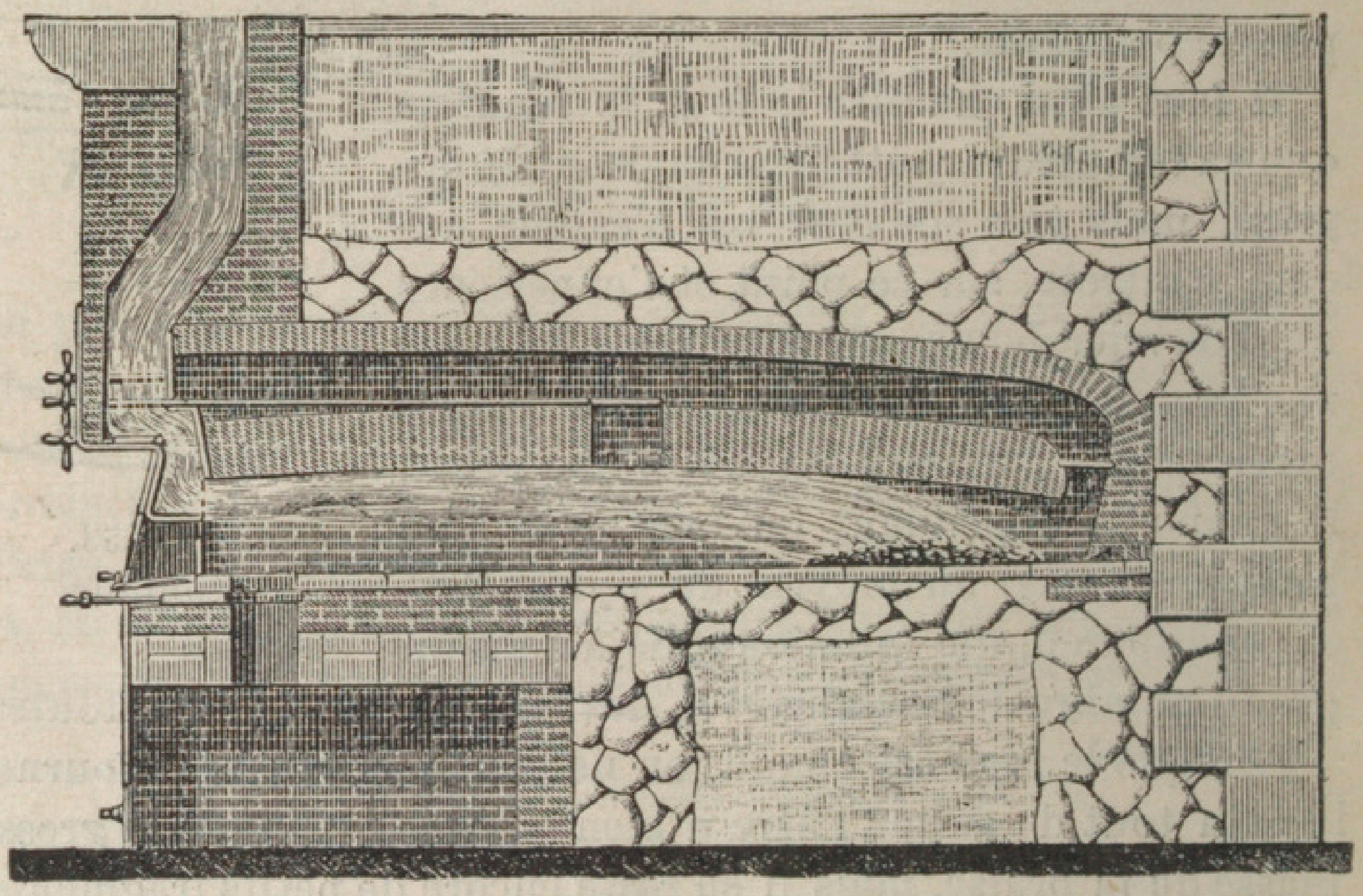


Fig. 154. — Four Mousseau (n° 1).

temps deux foyers, disposés l'un vers le fond et l'autre vers l'entrée du four, et le tirage se fait au moyen d'une ouverture qui est disposée vers la partie médiane de la voûte, tous les autres conduits étant fermés. Cette dernière disposition permet de réaliser un chauffage beaucoup plus rapide, qui ne demande pas plus de dix minutes.

Le *four de M. Lespinasse* réunit le chauffage direct obtenu au moyen de bois brûlé sur l'âtre du four au chauffage par l'air chaud. Le système repose sur ce fait que, à l'endroit où la combustion s'opère, la température est trop élevée, et qu'une partie de la chaleur produite est inutilisée. On fait donc au dehors des prises d'air froid ; cet air est amené

dans des conduits circulant au-dessous de l'âtre, justement dans cette région surchauffée, qui se trouve, de ce fait même,

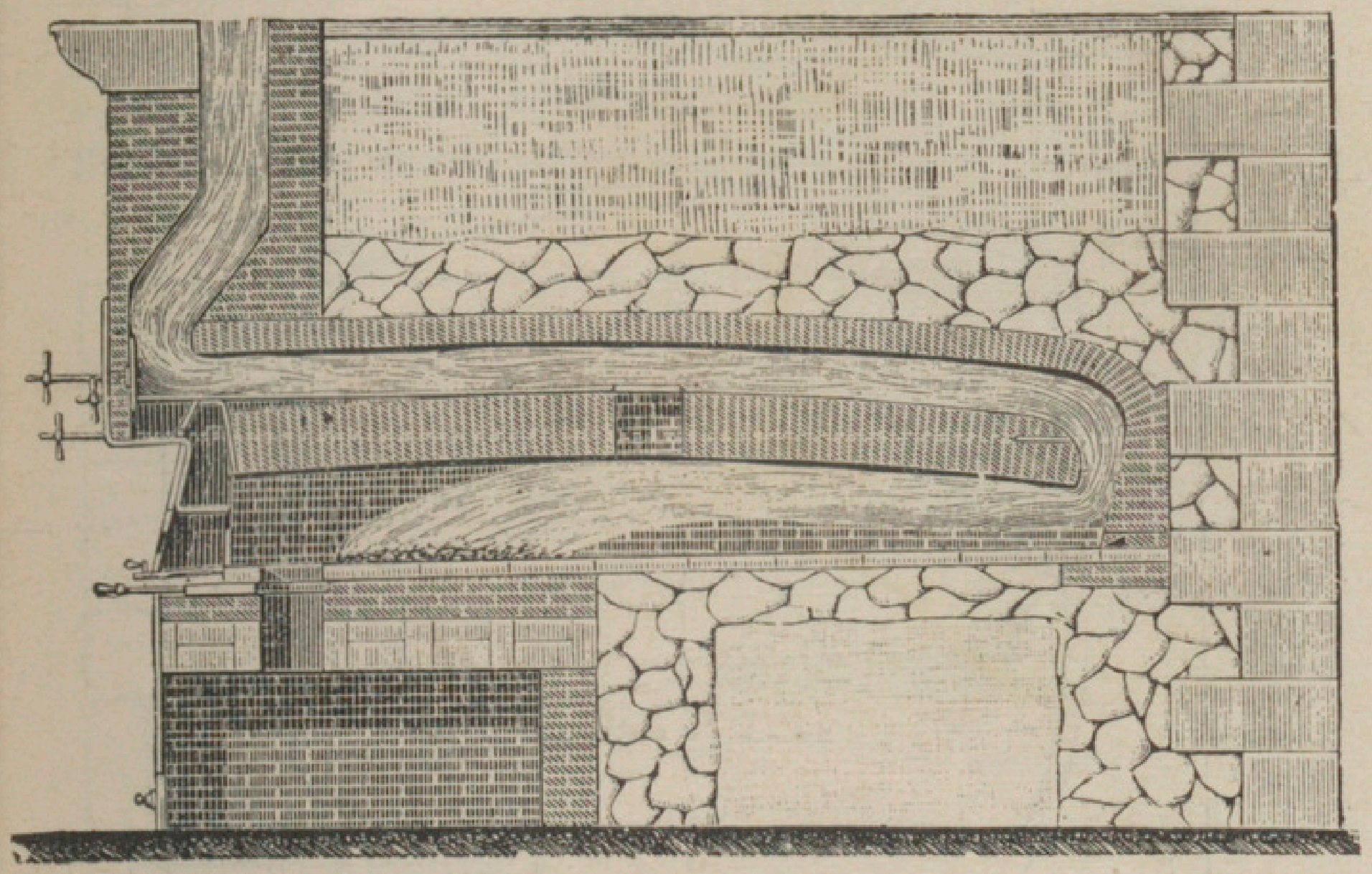


Fig. 155. — Four Mousseau (nº 2).

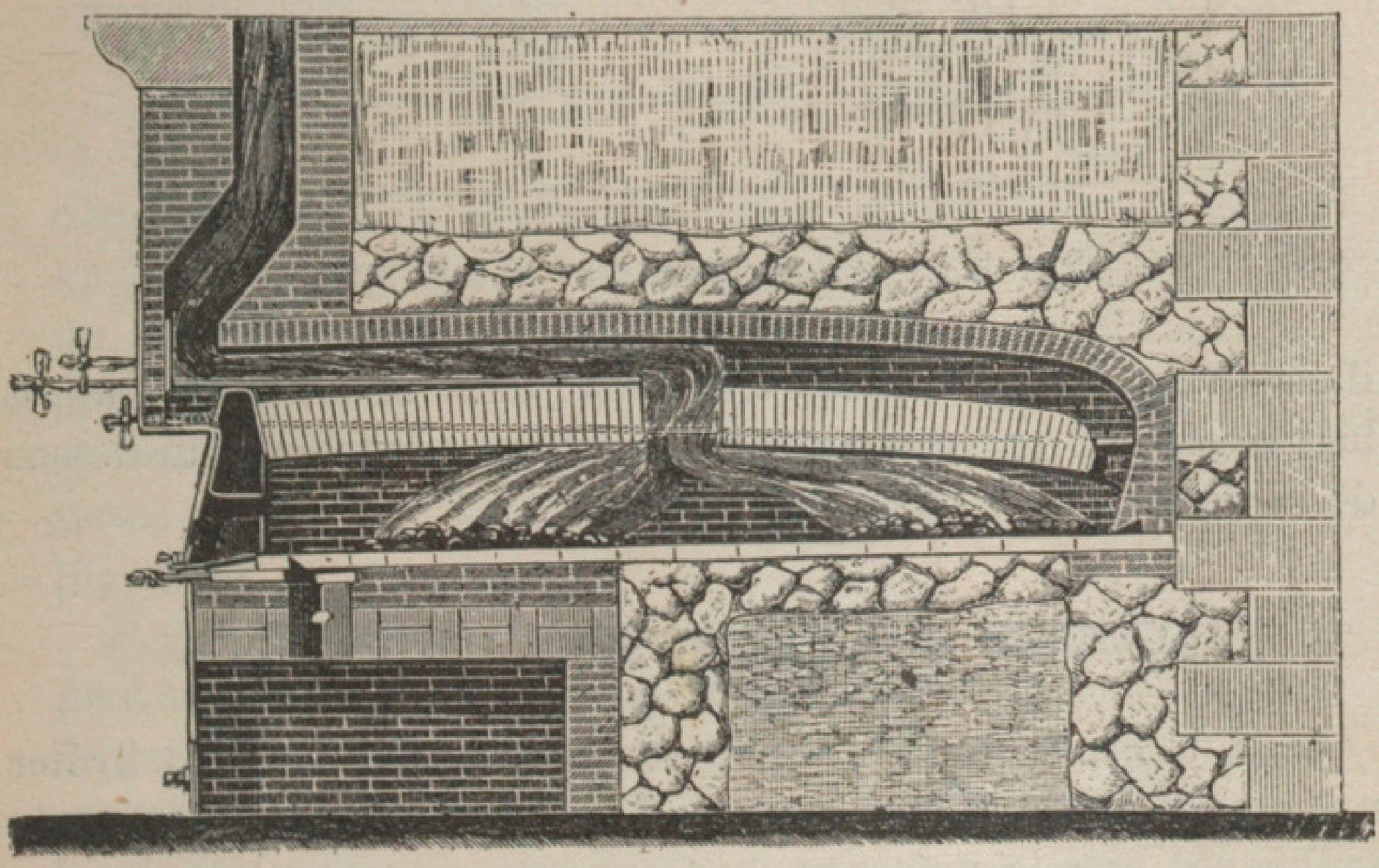


Fig. 156. — Four Mousseau à flammes renversées (nº 3).

ramenée à une température convenable. Puis, l'air ainsi échauffé est introduit dans le four, se mélange aux produits de

la combustion, concourt en même temps que ces derniers à l'échauffement du four; enfin gaz et air chaud sont appelés

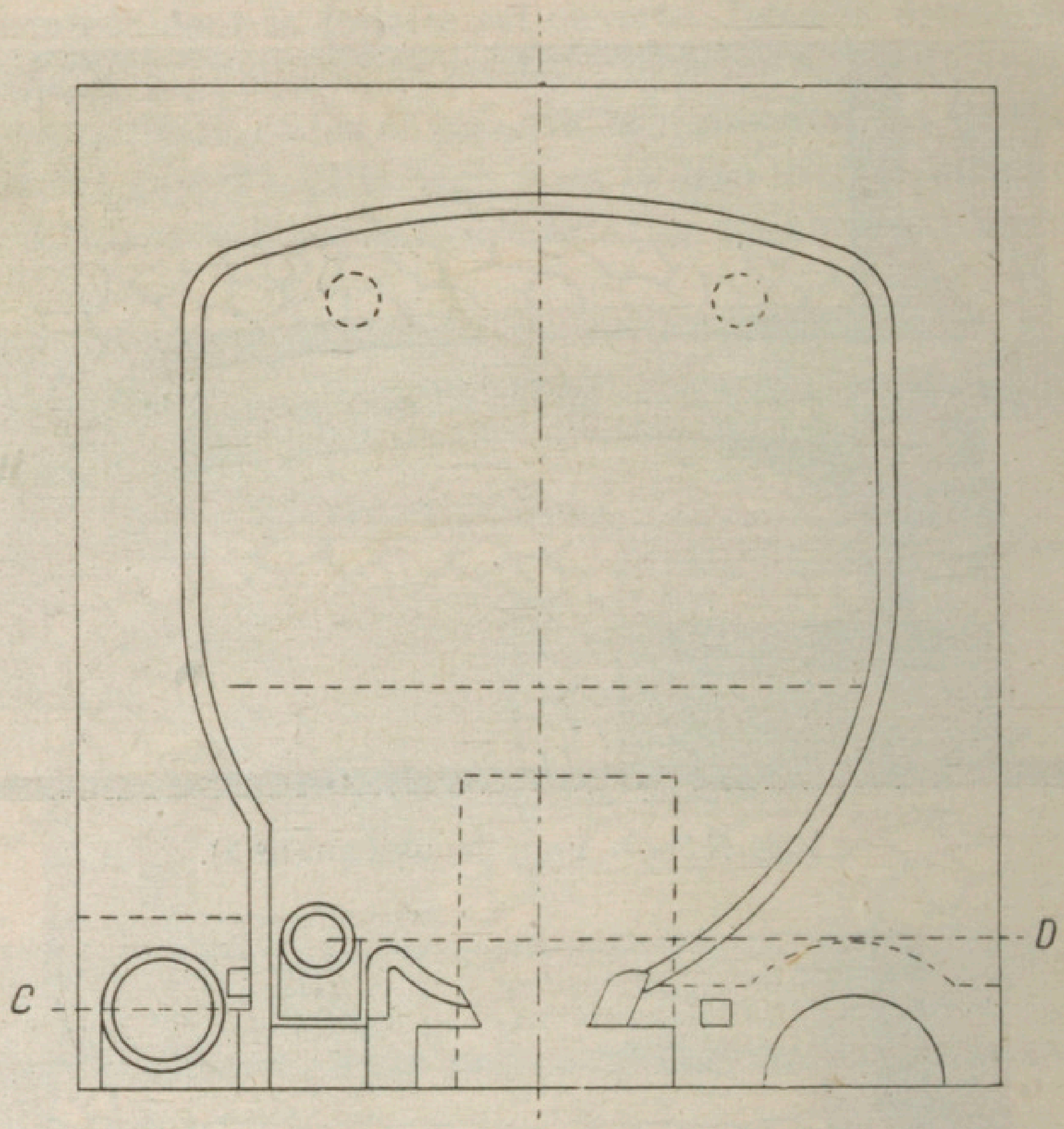


Fig. 157. — Four système Baudu : plan.

dans deux ouras, qui les déversent dans la cheminée, après leur avoir fait traverser une série de carnaux placés au-dessus de la voûte.

FOURS A CHAUFFAGE INDIRECT

Ces fours sont munis d'un foyer, dans lequel on peut brûler un combustible quelconque; ces fours diffèrent des précédents seulement par la présence du foyer; ils présentent toutes les autres parties que nous avons décrites précédemment.

Four système Baudu. — Dans le système Baudu (fig. 157 et fig. 158), le combustible est brûlé dans un ou dans deux

foyers, placés de chaque côté de la bouche, ou encore dans un seul foyer disposé sous l'arcade. Dans le modèle ci-joint, les dimensions du four sont telles qu'un seul foyer suffit à assurer le chauffage. Ce foyer est placé sur le côté gauche, et un large conduit déverse dans le four les gaz chauds et les flammes, qui traversent toute la sole pour gagner les ouras,

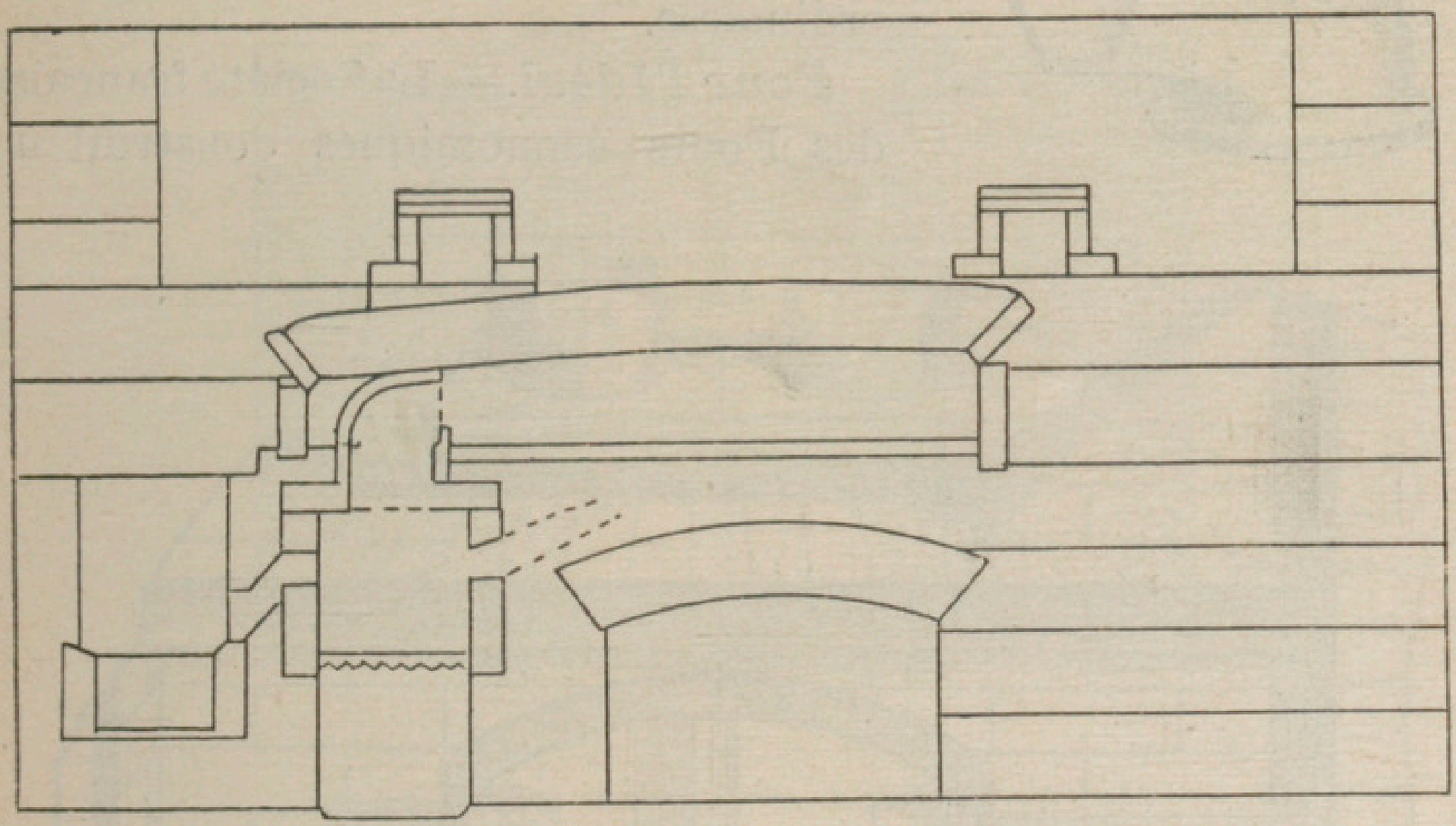
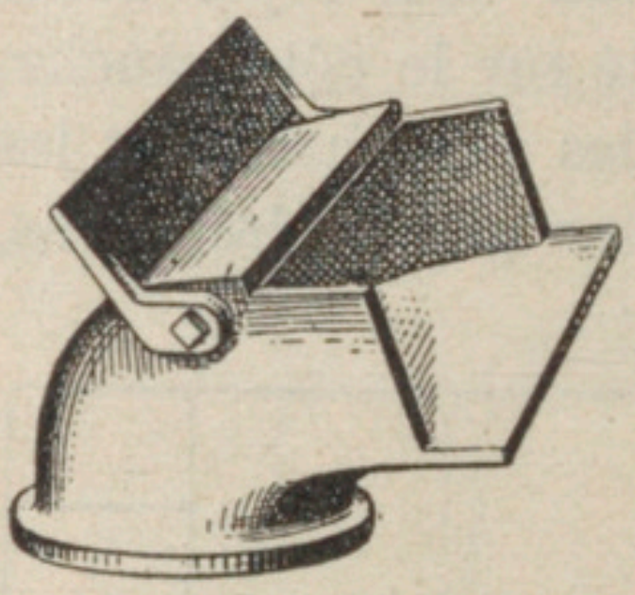


Fig. 158. — Four système Baudu : coupe transversale.

disposés comme à l'ordinaire. Dans ces systèmes de chauffage, on place souvent, sur le conduit qui amène les gaz chauds, un capuchon mobile, une buse, au moyen de laquelle on peut diriger les flammes vers le point que l'on veut plus spécialement chauffer. Nous donnons ci-joint le modèle des buses employées dans le système de chauffage Hadancourt (fig. 159).

Four Biabaud. — Dans ce four (fig. 160), les gaz chauds provenant du foyer exécutent un parcours plus complexe que le parcours ordinaire. Le foyer est disposé sous l'arcade ; on l'isole au moyen d'une double porte pour protéger les ouvriers le plus possible contre la chaleur. Les produits de la combustion pénètrent dans le four par deux ouvertures placées l'une à droite et l'autre à gauche de la bouche. Les gaz étalés sur la sole sont appelés dans le fond par cinq ouras qui se

replient sur eux-mêmes pour cheminer cette fois au-dessous de la sole et revenir vers la partie antérieure du four ; ils se redressent ensuite pour longer les parois et gagner à nouveau le fond du four, mais à sa partie supérieure; de là ils gagnent la cheminée placée en avant du four, à la façon des ouras ordinaires.



Four l'Idéal. — La Société française des Fours économiques construit un

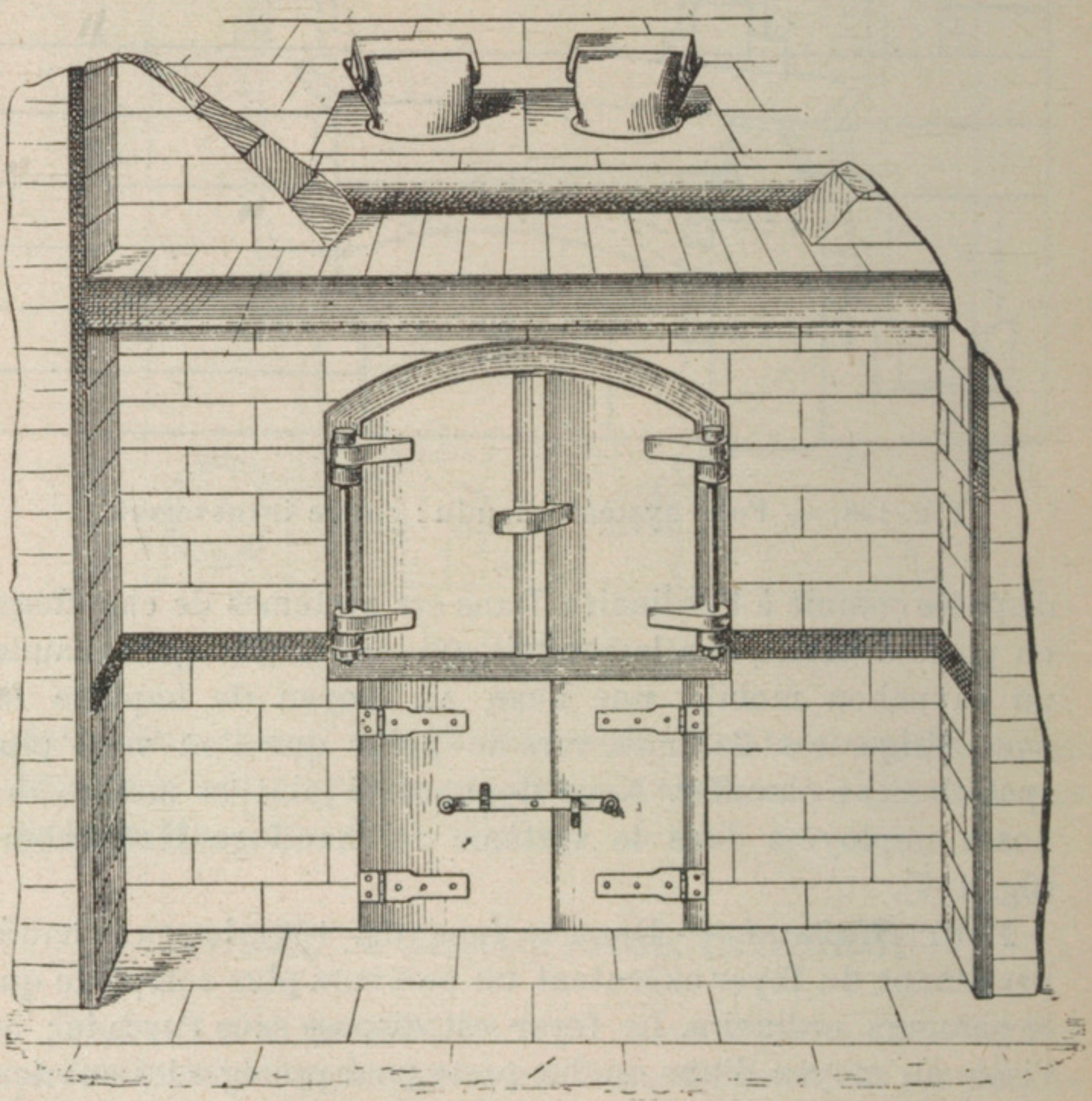


Fig. 159. — Chauffage de four au bois. Syst. Hadancourt.

four (fig. 161), chauffé par un foyer où l'on brûle du charbon. Le combustible est disposé au-dessus d'une grille dont

les barreaux sont mobiles ; on peut faire basculer toute la grille, ce qui permet un ringardage des plus faciles. Le foyer est disposé vers la bouche du four, immédiatement derrière ce foyer, et, sous le carrelage même, est disposée une boîte métallique, en relation avec la grille. Grâce à un ventilateur, disposé

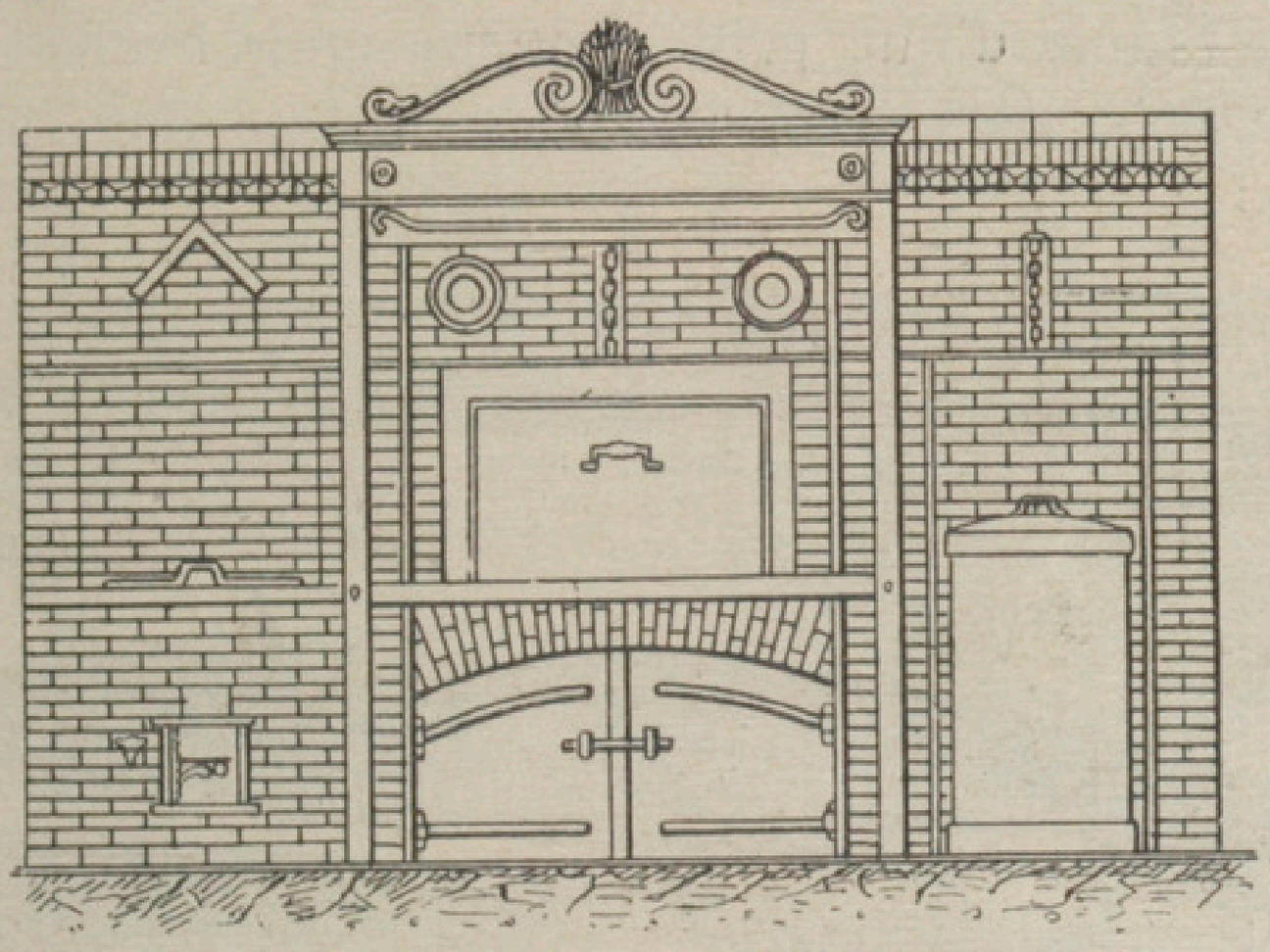


Fig. 160. — Four système Biabaud.
f, foyer ; *F*, four ; *C*. ouras.

sous l'arcade, on puise au dehors l'air nécessaire à la combus tion, et on l'envoie sous la grille du foyer, mais après l'avoir fait passer au préalable par la boîte métallique, qui est dite boîte de récupération. Dans cette boîte, l'air froid s'échauffe aux dépens des parties du four qui sont immédiatement voisines du foyer et qui risqueraient d'être portées à une température trop considérable, et c'est de l'air déjà chauffé qui arrive au contact du charbon en combustion ; on réalise, de ce fait, une économie très sensible.

Fours Mousseau, à foyer mobile. — Le principe de ces appareils est de mettre, dans un foyer mobile, la quantité de combustible, bois ou charbon, qui est juste nécessaire pour le chauffage du four, d'amener dans le four, le foyer ainsi chargé et de l'enlever lorsque la combustion est terminée.

Dans un premier appareil (fig. 162), le foyer est formé par une caisse munie d'une grille, conçue pour brûler toutes les espèces de bois, de rebut, ou autres, même des vieux pavés

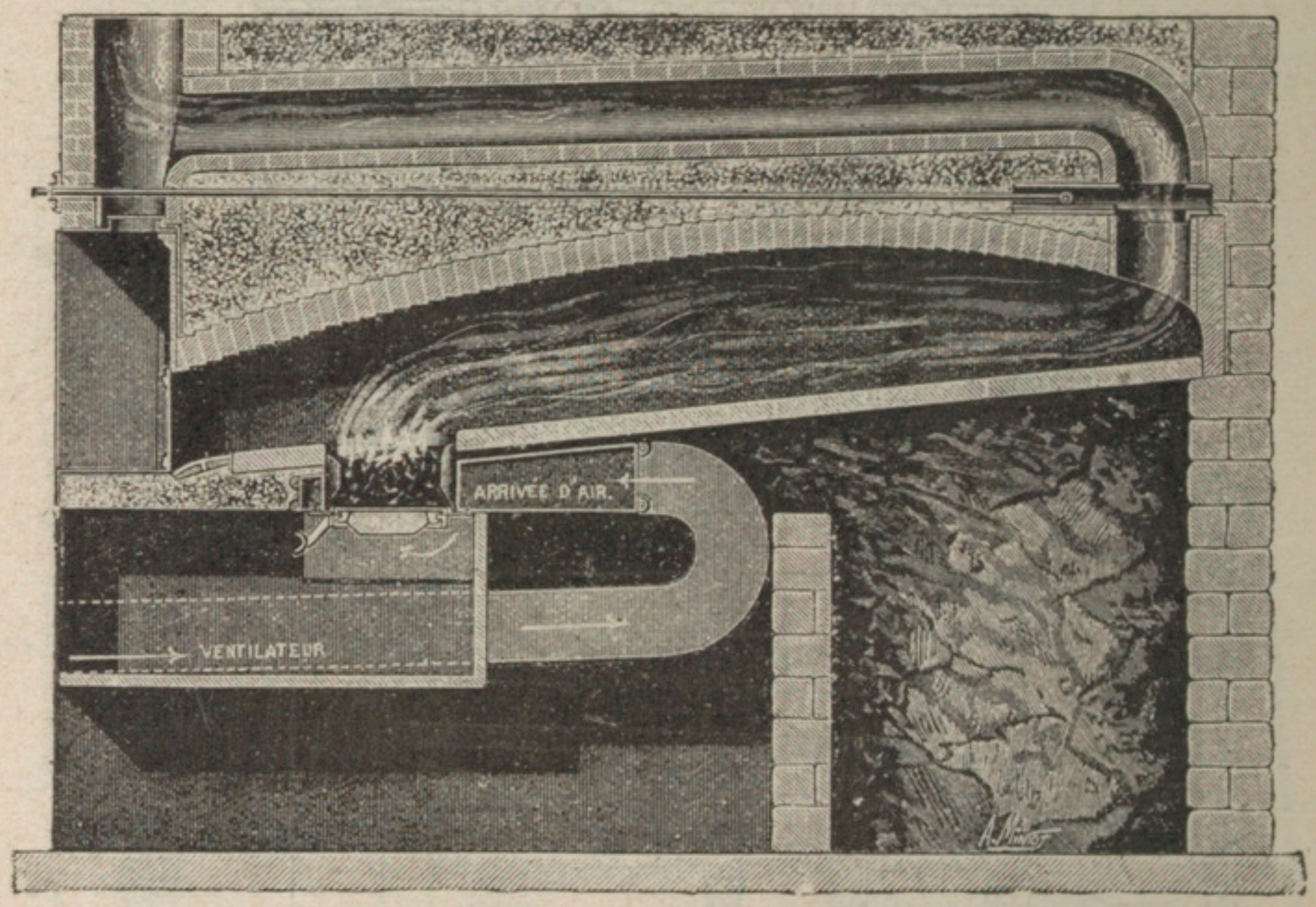


Fig. 161. — Four l'Idéal.

de bois. En modifiant la grille, on peut également brûler du charbon. Le foyer est disposé au-dessus d'un étouffoir, et, le chauffage terminé, il suffit d'appuyer sur un bouton pour faire tomber la braise dans cet étouffoir. Le tout est monté sur quatre galets et peut être poussé ou tiré à volonté, selon les besoins du chauffage. Pour faire une chauffe, on amène l'appareil sous l'arcade, et une ouverture, que l'on ferme par des plaques pendant la cuisson, livre passage aux flammes qui se répandent dans l'intérieur du four.

Dans un second type d'appareil (fig. 163), on place encore dans

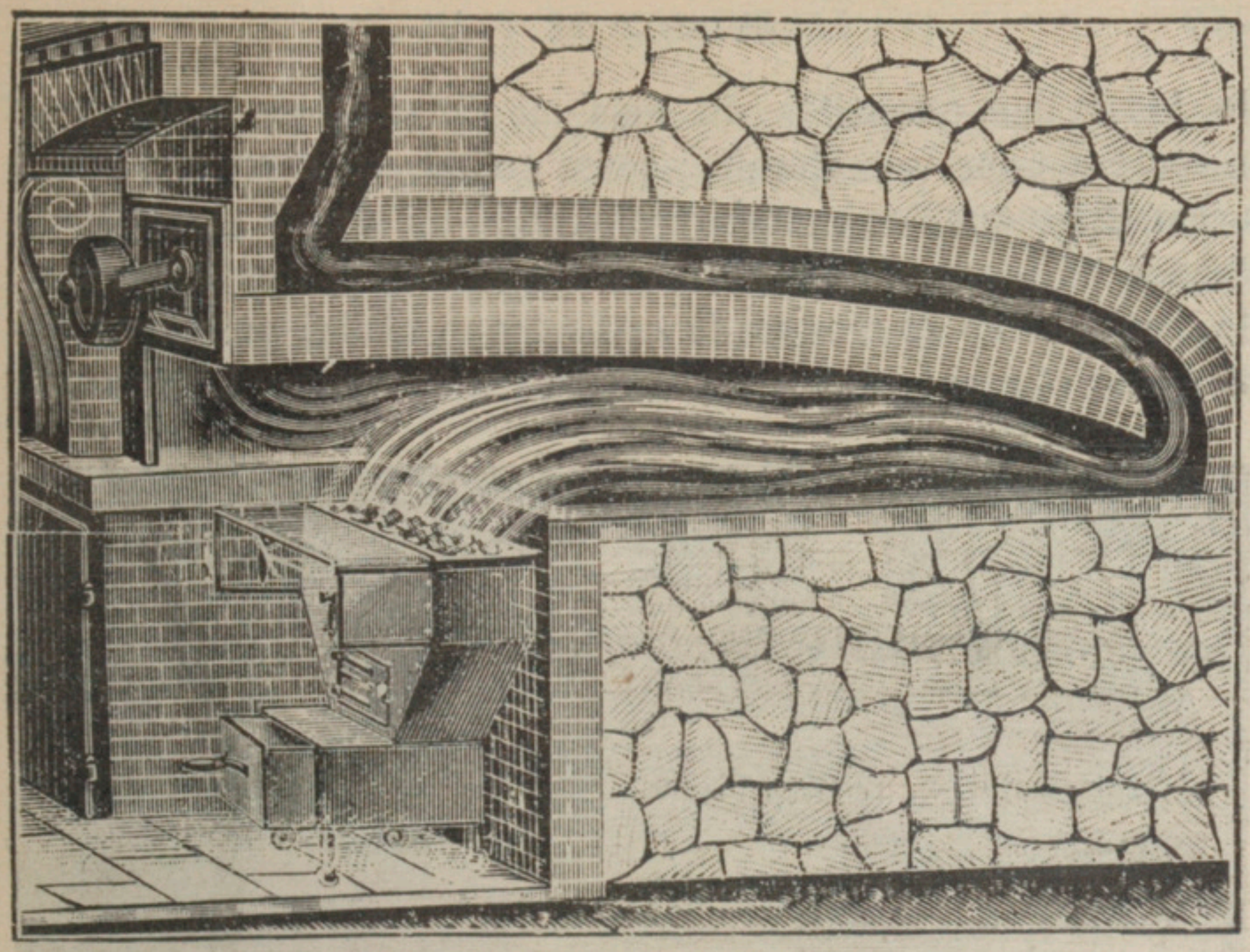


Fig. 162. — Vue et coupe du four pendant que l'appareil brûle.

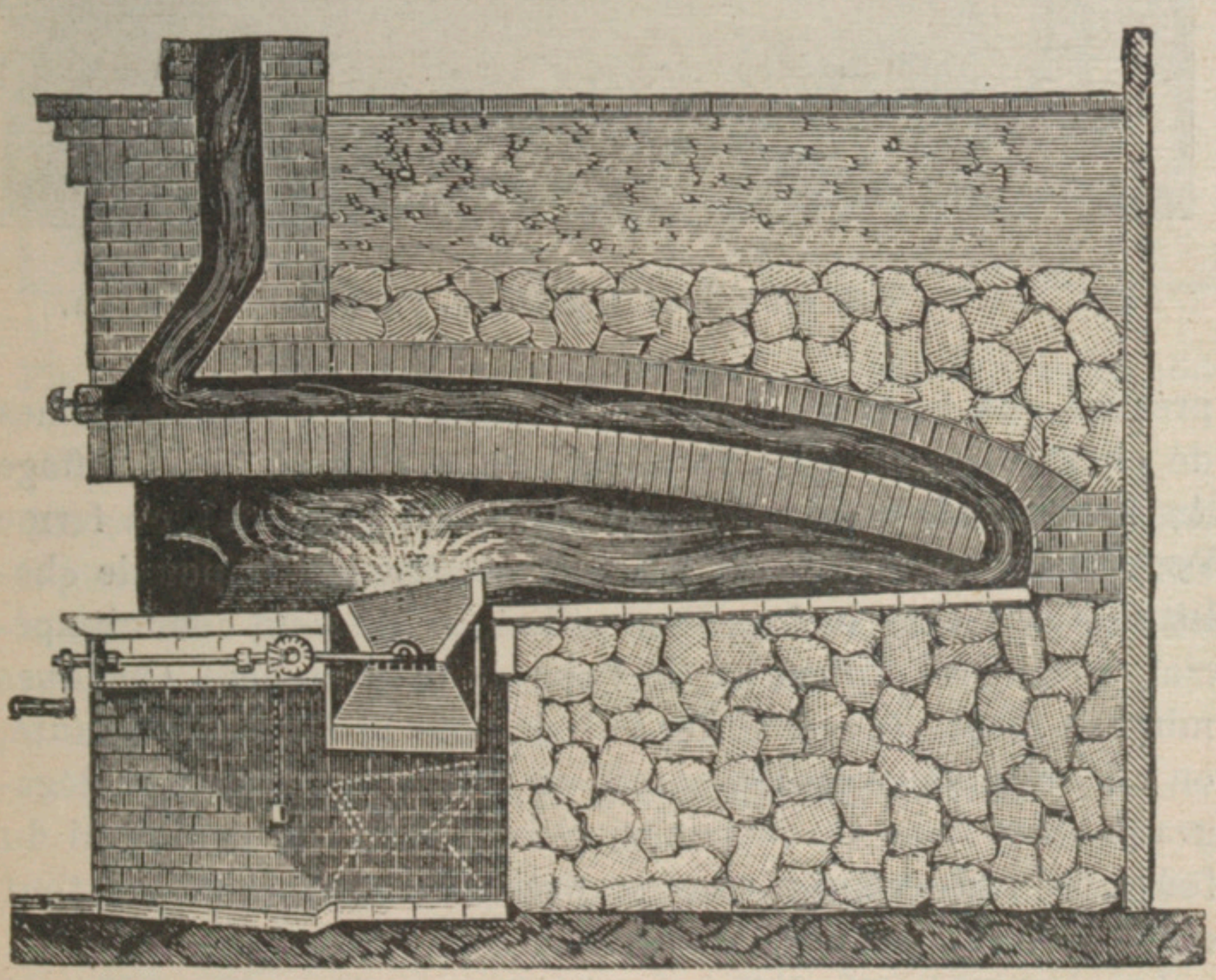


Fig. 163. — Vue de l'appareil lorsqu'il chauffe le four.

le foyer des quantités de bois ou de charbon exactement mesurées pour une chauffe ; puis, au moyen d'un système à crémaillère que l'on manœuvre par une manivelle placée sur la façade du four, on fait monter le foyer dans le four lui-même ; le combustible se trouve de cette façon utilisé au mieux, les flammes n'ayant plus aucun conduit à traverser. L'inventeur

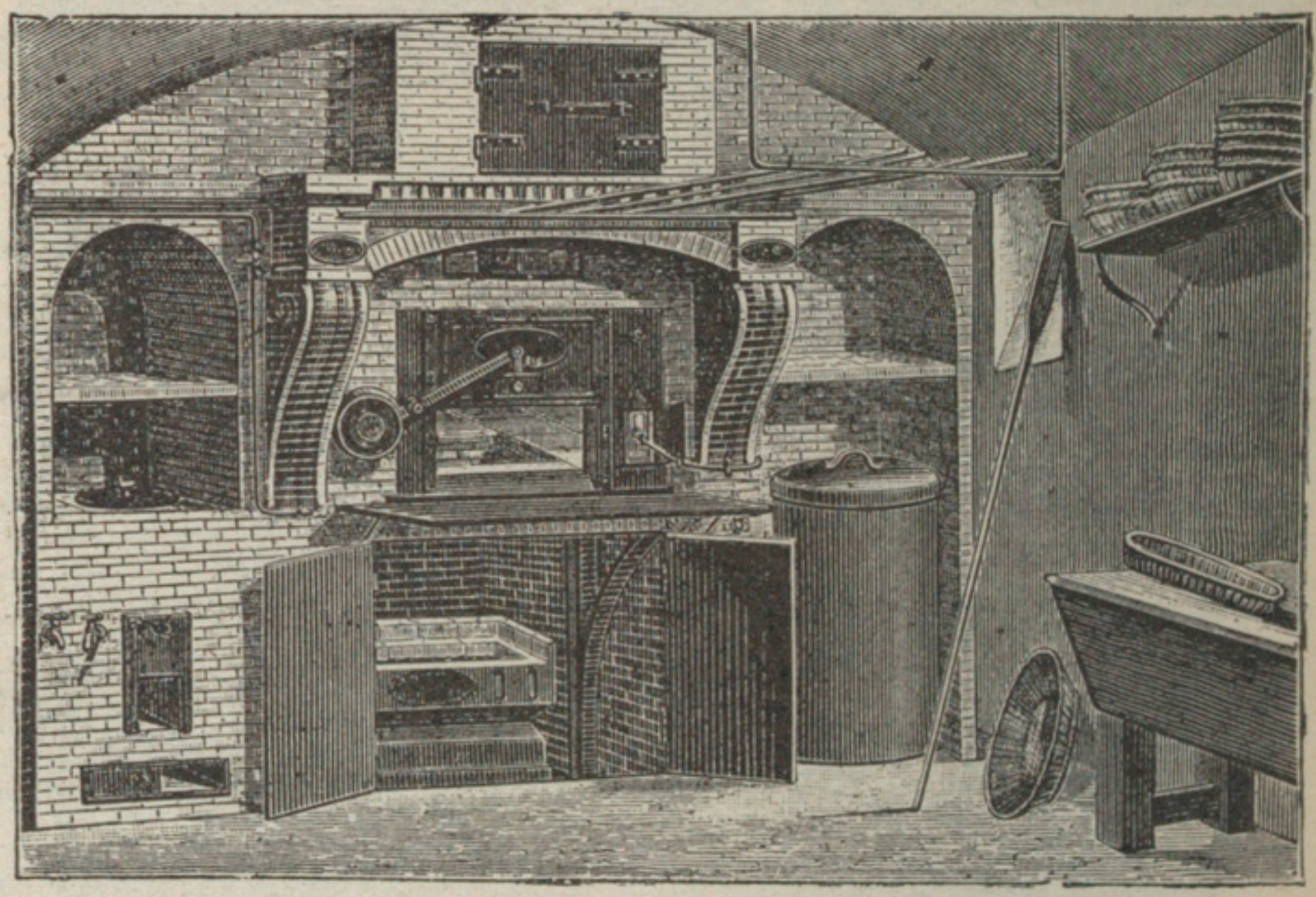


Fig. 164. — Vue d'un four Mousseau, l'appareil descendu.

prétend que, pour une fournée, il suffit de 6 à 7 kilogrammes de charbon ou de 12 à 15 kilogrammes de bois. Le chauffage du four terminé, on redescend l'appareil (fig. 164), on ferme l'ouverture au moyen de plaques métalliques ; le peu de chaleur restant dans le foyer est utilisé, grâce à un conduit spécial, pour l'échauffement de l'eau de la chaudière. Quelques minutes avant de réchauffer le four pour la fournée suivante, on charge à nouveau l'appareil, on l'allume, la fumée se dégageant alors dans la cheminée, puis, aussitôt le pain sorti du four, on fait monter comme précédemment le foyer tout enflammé.

Les derniers perfectionnements de ce système (fig. 165) ont consisté : à placer le foyer au-dessus d'un cendrier (le foyer, se

déplaçant sur deux rails, peut être avancé pour faciliter le chargement) ; et à élever le foyer en place au moyen d'une chaîne sans fin ou d'un piston poussé par de l'eau ou par de l'air comprimés ; pendant le mouvement d'ascension, l'ouverture qui permet au foyer de pénétrer dans le four s'ouvre automatiquement, par l'abaissement des plaques, ou plutôt

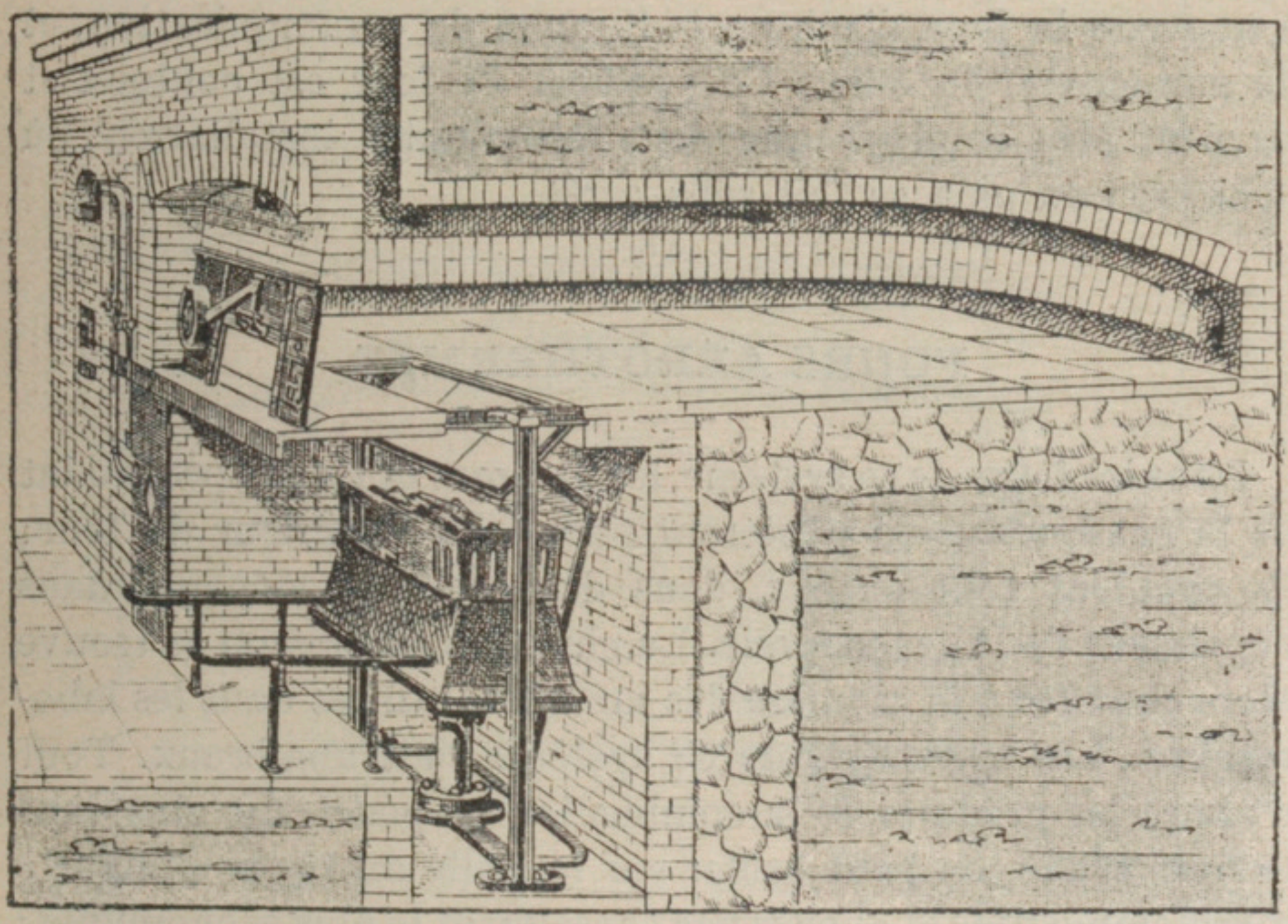


Fig. 165. — Vue d'un four Mousseau avec appareil automobile brûlant du bois.

des carreaux réfractaires qui ont remplacé les plaques métalliques. Lorsqu'on abaisse le foyer, le chauffage une fois terminé, ces carreaux reprennent d'eux-mêmes leur position première.

FOURS A FOYER PERMANENT

Dans les fours de ce type, nous prendrons comme exemple le *four Lamoureux*, qui est employé à la Boulangerie des Hospices du département de la Seine. Le chauffage est obtenu au moyen d'un foyer à charbon qui brûle continuellement. Les flammes

peuvent être dirigées dans le four, grâce à une ouverture que l'on ferme pendant la cuisson du pain au moyen d'une plaque de fonte. Lorsque le four est chaud, les flammes du foyer sont dirigées vers une cheminée au moyen de conduits qui passent sous la sole. Le four perd ainsi moins de chaleur qu'un four ordinaire pendant la cuisson d'une fournée, et le réchauffage est obtenu très rapidement, puisqu'il suffit, pour chauffer à nouveau le four, d'enlever le tampon de communication, et de manœuvrer les ouras. Ce système de four est coûteux et ne peut être employé que dans les grandes installations où la cuisson du pain se fait sans arrêt.

FOURS AÉROTHERMES

Dans les fours de ce système, les flammes et les gaz provenant de la combustion ne pénètrent plus dans l'intérieur du four; ils circulent tout autour, dans des conduits ménagés dans l'épaisseur de la maçonnerie. La chambre de cuisson se trouve alors chauffée à la manière des mouffles, utilisés dans les laboratoires. Les avantages de ce système sont nombreux. Tout d'abord les produits de la combustion ne pénétrant plus dans le four même, on peut brûler sur la grille du foyer n'importe quel combustible et choisir par conséquent le plus économique ; ensuite le four est toujours propre, aucune parcelle de braise ne peut plus échapper à l'ouvrier, ce qui se produit parfois dans les fours ordinaires, les pains offrant alors, encastrés dans leur face inférieure, de petits morceaux de charbon ; enfin, comme il n'y a plus besoin de manœuvrer dans le four aucun instrument pour disposer les bûches et ramasser la braise, le carrelage du four risque beaucoup moins d'être endommagé, et sa durée se trouve de ce fait de beaucoup prolongée. Les fours aérothermes sont employés pour la cuisson du pain, et aussi pour la cuisson des pâtisseries. On construit des *fours à deux étages*, comme l'est celui de *M. Ressort* (fig. 166), dont nous donnons ci-contre la coupe transversale. Les flammes passent, en sortant du foyer, dans des conduits placés à la partie inférieure, qui chauffent la sole du premier

four par l'intermédiaire de briques creuses, surmontées d'une couche de sable, de manière à adoucir le chauffage. Les gaz chauds reviennent ensuite dans une première chambre de

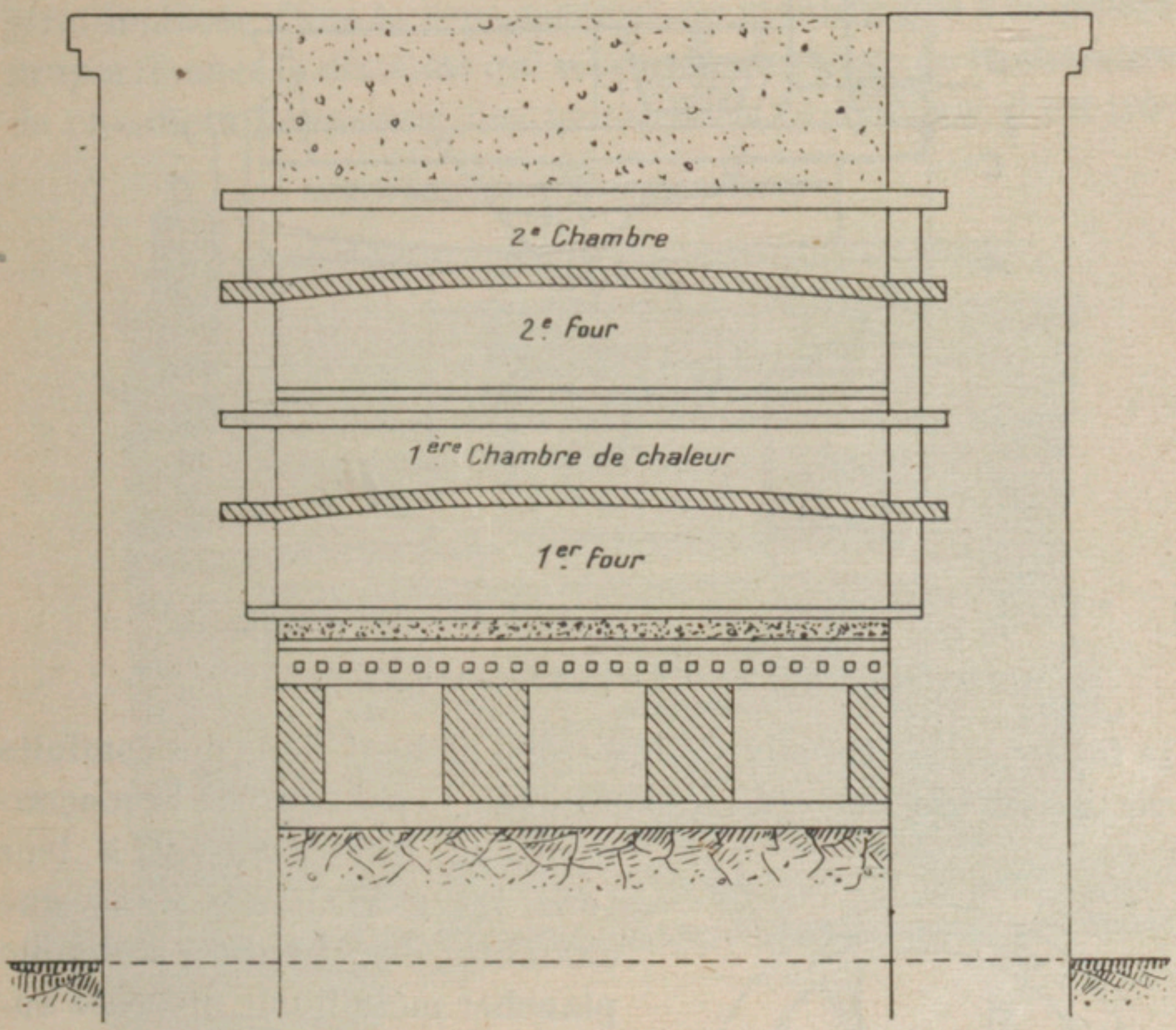


Fig. 166. — Four système Ressort à deux étages.

chaleur, disposée entre les deux fours, et passent enfin, avant de gagner la cheminée, dans une seconde chambre de chaleur, disposée au-dessus du deuxième four.

Four Rolland. — Dans ce système de four, le chauffage est encore extérieur à la chambre de cuisson, et la sole a été rendue mobile, de manière à venir successivement présenter chacune de ses parties devant la bouche du four. Les opérations de l'enfournement et du défournement sont donc grandement facilitées. Le four Rolland (fig. 167 et 168) est de forme circulaire ; il est chauffé par un foyer indépendant du four, capable de brûler par conséquent n'importe quel combustible. A la sortie du foyer, les flammes et les gaz sont pris par

quatre tuyaux de fonte, qui gagnent dans des directions divergentes la partie du four opposée à celle où se trouve

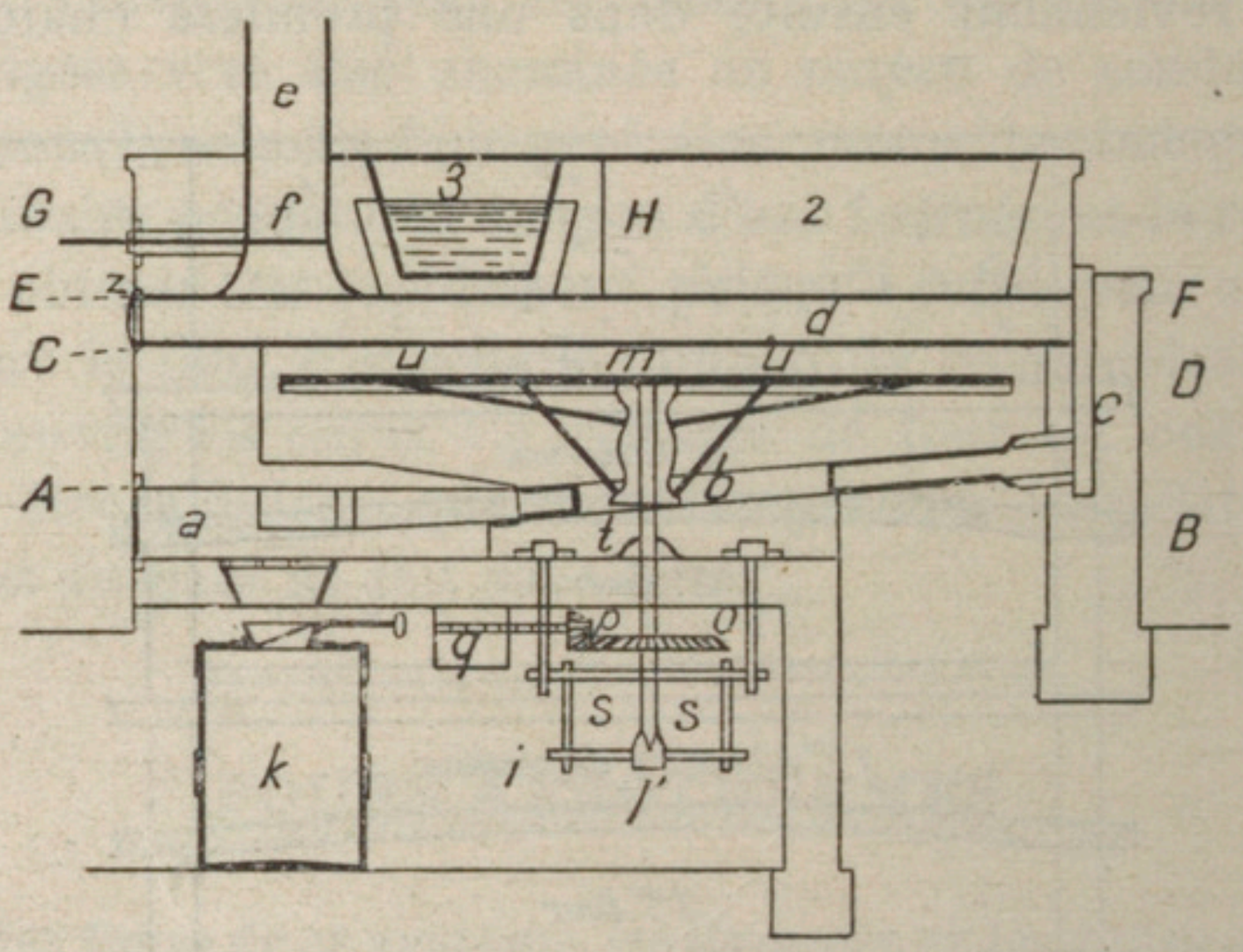


Fig. 167. — Four système Rolland : coupe.
d, chambre de chauffe ; *u*, sole mobile ; *e*, cheminée.

le foyer; là, les tuyaux de fonte débouchent dans des conduits verticaux qui ont été ménagés dans l'épaisseur de la maçonnerie, et qui déversent à leur tour les gaz chauds dans une chambre de chauffe, à double plancher métallique, disposée au-dessus de la sole. Cette chambre est disposée horizontalement et son plancher détermine par conséquent une radiation beaucoup plus égale, dans les différents points de l'appareil, que ne pouvait faire la voûte des anciens fours. La sole est également horizontale, de forme circulaire ; elle est constituée par un disque de forte tôle, revêtu d'un carrelage en terre cuite. Une charpente métallique maintient cette sole autour d'un arbre vertical, qui peut tourner dans une crapaudine pla-

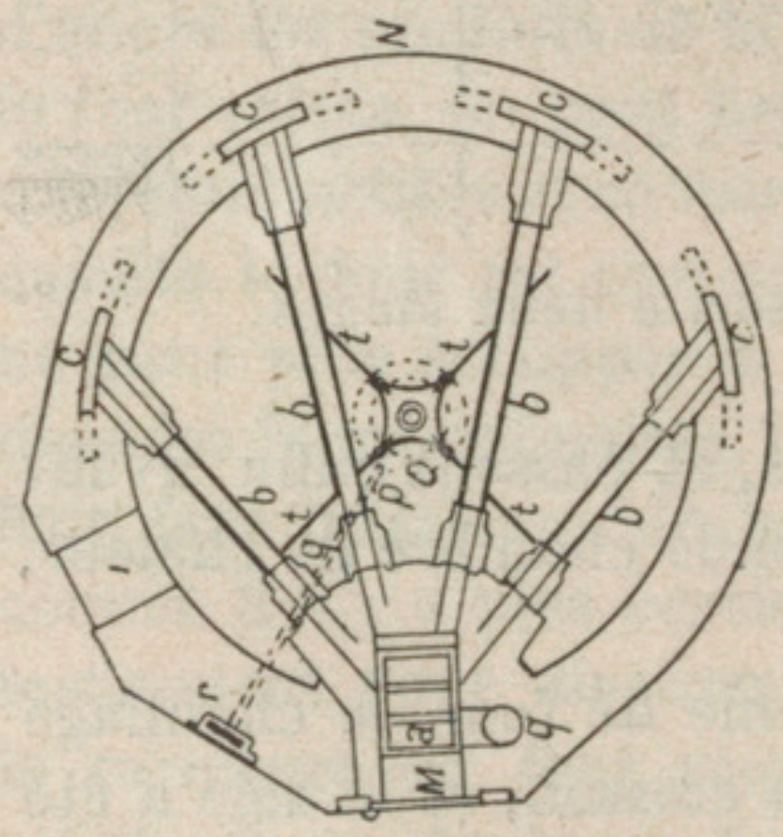


Fig. 168. — Four système Rolland : plan.
a, foyer : *b*, tuyaux distribuant la chaleur ; *c*, tuyaux verticaux.

cée à la partie inférieure de l'appareil. Au moyen d'une manivelle, on peut transmettre à ce pivot le mouvement de rotation convenable pour faire tourner la sole d'une quantité aussi faible qu'il peut en être besoin. La sole peut également être déplacée dans le sens vertical, de manière que l'on puisse proportionner la distance qui sépare le carrelage de la chambre de chauffe à l'épaisseur des pains. Avec ce système, il est très

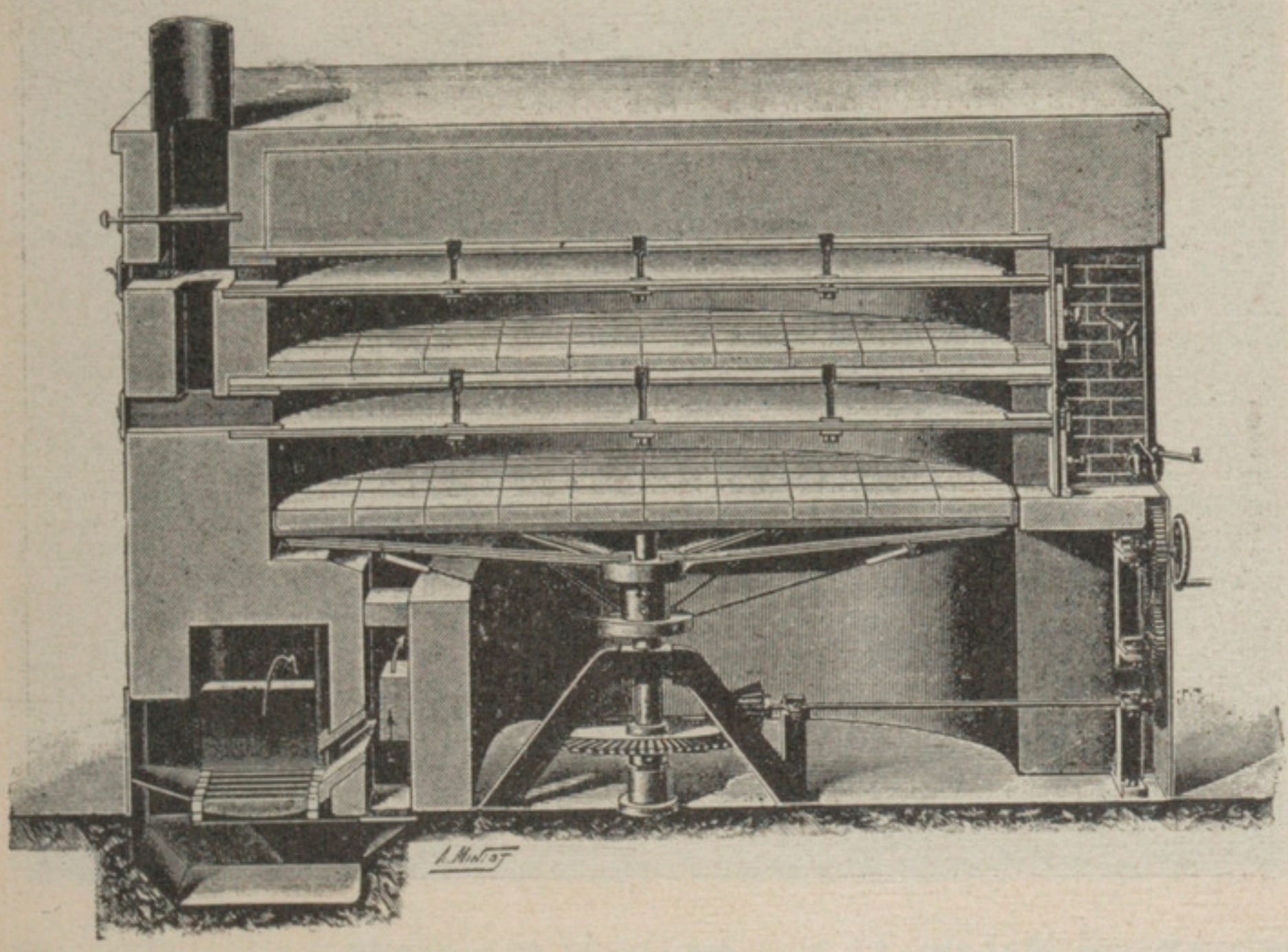


Fig. 169. — Vue en plan et en coupe du four à sole tournante.

aisé de surveiller la cuisson des pains, et de les sortir du four aussitôt qu'ils sont cuits.

La ***Société française des Fours économiques*** construit également un four à sole tournante (fig. 169), surmonté d'une deuxième sole fixe, les deux étant séparées par une chambre de chaleur. Ce four est plus spécialement réservé pour les pâtissiers et pour les biscuitiers.

Fours chauffés à la vapeur, et à chauffage continu. — Dans les appareils appartenant à ce type, le chauffage n'est plus effectué directement par les flammes sortant du foyer. La chaleur est transmise à la chambre de chauffe par l'inter-

médiaire d'eau ou d'autre liquide, qui se vaporise dans des tubes d'acier complètement fermés. Ces fours sont généralement construits à plusieurs étages, et on les munit de soles mobiles ; il en existe cependant à soles fixes.

Les *fours Werner et Pfeiderer* (fig. 170 et 171) sont construits tout en fer et en acier, à l'exception du foyer et

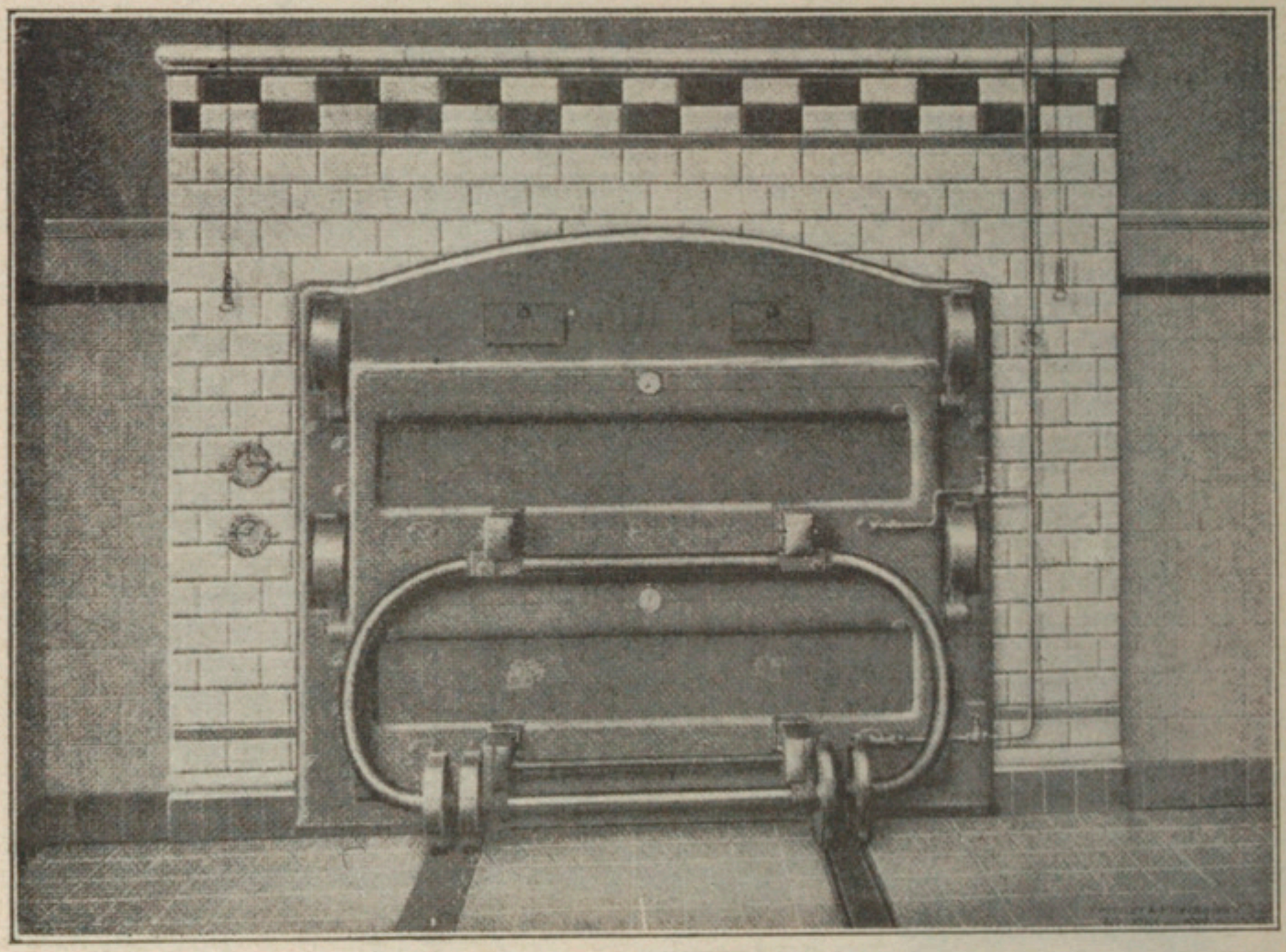


Fig. 170. — Façade du four Werner et Pfeiderer, avec les portes rabattues et les soles rentrées.

des murs d'enceinte. La chambre de cuisson est séparée du foyer par un mur épais, partiellement construit avec des matériaux réfractaires. Les deux fours superposés sont entièrement séparés l'un de l'autre par une forte tôle, et on peut au besoin avoir des températures différentes dans chacun d'eux. Le chauffage est obtenu au moyen de tubes d'acier Perkins, à parois solides, renfermant une certaine quantité de liquide ; l'une des extrémités de ces tubes est exposée à l'action du feu, la plus grande longueur du tube étant au contraire contenue dans la chambre de cuisson. Les soles mobiles sont métalliques, elles se déplacent sur un chariot,

roulant sur des rails encastrés dans le sol du fournil. Le chariot entre entièrement dans la chambre de cuisson, de sorte que le devant du four n'est pas encombré.

La maison Borbeck construit des fours analogues, pour le chauffage desquels on employe des tubes en acier Mannesmann, soumis avant l'emploi à une épreuve hydraulique de

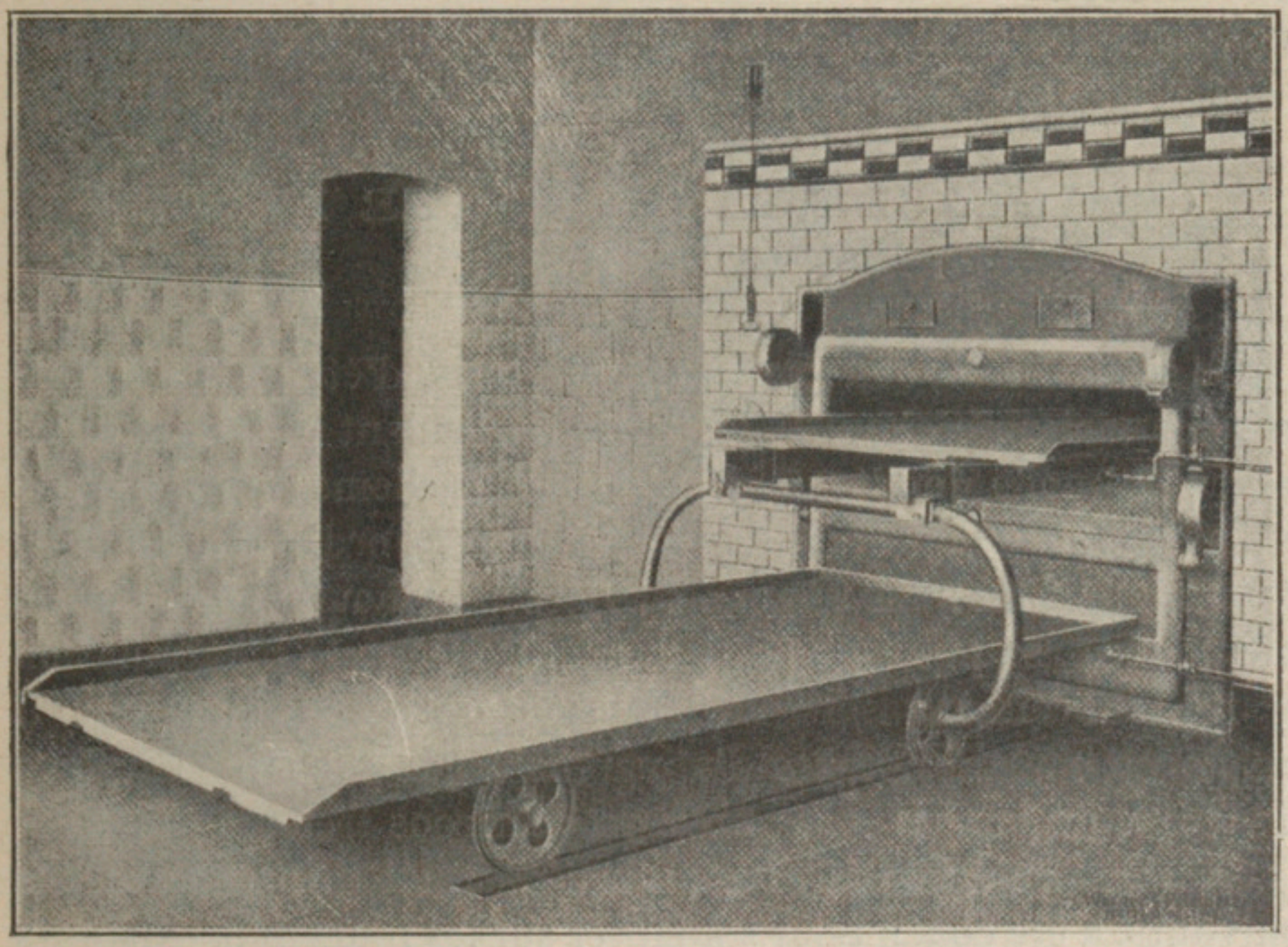


Fig. 171. — Four Werner et Pfeiderer avec la sole inférieure sortie et la porte fermée. La sole supérieure est partiellement sortie et la la porte levée.

800 à 1 000 kilogrammes par centimètre carré, et à deux épreuves à chaud de 450 à 500 kilogrammes par centimètre carré.

Dans ce genre de fours, la température se règle aisément, et la cuisson est très régulière ; le travail est très aisé ; on reproche parfois aux soles sortantes, de se refroidir pendant le chargement, et de nuire au bon développement du pain pendant la cuisson. En outre, toute la buée naturelle est perdue, et il faut que ces fours soient munis d'un puissant appareil à buée.

Fours continus. — On emploie enfin, mais plus particulièrement pour la biscuiterie, des fours dits continus. Ils sont constitués par une chambre de chauffe dans laquelle se déroule de façon continue un ruban métallique sans fin de 8 à 10 mètres de long, et sur lequel on dépose les produits à cuire. Ce ruban est actionné par un mouvement d'horlogerie, grâce auquel il se déroule avec une vitesse plus ou moins grande, selon qu'il s'agit de telle ou telle marchandise.

CHAUFFAGE DES FOURS PAR LE GAZ D'ÉCLAIRAGE

On s'est efforcé, dans ces derniers temps, d'établir des appareils capables de chauffer les fours en brûlant du gaz d'éclairage ; ce mode de chauffage, s'il était réellement pratique et s'il ne coûtait pas plus cher que le chauffage ordinaire, rendrait évidemment les plus grands services aux boulangers, par sa commodité, sa propreté, la suppression de toute manipulation et de tout emmagasinement de bois ou de charbon, etc. Il existe un certain nombre d'appareils à gaz pour le chauffage des fours de boulangerie ; nous en décrirons trois :

Le *chauffe-four Cayron*, ainsi du reste que les appareils suivants, a été conçu pour s'adapter sur les fours déjà existants de n'importe quel système. L'appareil de chauffage proprement dit (fig. 172) se compose de deux groupes de trois becs Bunsen, que l'on allume au moment voulu par l'intermédiaire de deux veilleuses. L'appareil complet, très peu encombrant, se monte près du four, sur un mur et peut se replier complètement lorsqu'il n'est pas en fonctionnement (l'encombrement est alors de 1 mètre sur $0^{m},30$). Tout le système est supporté par une plaque, maintenue par quatre boulons à scellement. Le brûleur est susceptible de recevoir un mouvement de rotation et un mouvement de translation afin de pouvoir, selon le four, ou selon la nature du travail, chauffer plus ou moins telle partie que l'on désire. Le réglage en hauteur se fait au moyen d'un chariot, qui peut se déplacer le long de deux tiges. Un axe de rotation communique, d'un

côté, par un presse-étoupe, avec la canalisation d'amenée du gaz et, d'autre part, avec un tube carré portant à son autre extrémité un second presse-étoupe, dans lequel coulisse un second tube carré, coudé à angle droit, dont la tige verticale porte à son extrémité un dernier presse-étoupe, dans lequel se fait la rotation du brûleur. Ce dernier est enfin supporté par un

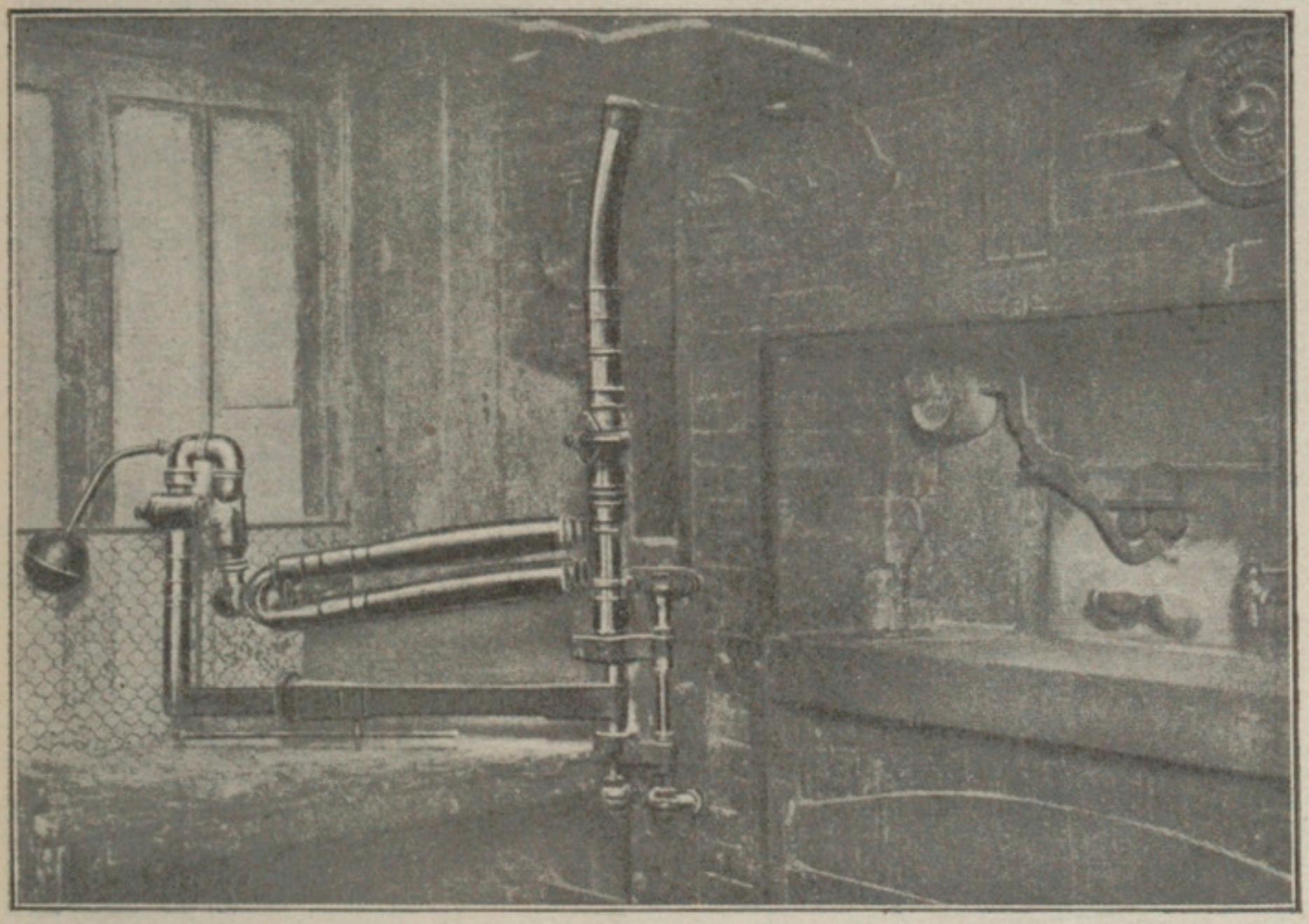


Fig. 172. — Chauffe-four Cayron.

raccord à articulation, q i permet de faire varier l'inclinaison du brûleur. Un robinet ferme l'arrivée du gaz et un robinet spécial commande les deux veilleuses.

A Paris, les appareils sont branchés sur des compteurs de 150 becs ; l'appareil débite par heure, sous une pression de 70 à 80 millimètres, de 29 à 34 mètres cubes de gaz. La consommation moyenne de gaz est évaluée par fournée de 7 à 8 mètres cubes.

Appareil le Rapide, système Oudeville. — L'appareil se compose du chauffe-four proprement dit, monté sur une genouillère, autour de laquelle le brûleur peut se déplacer pour prendre successivement toutes les positions convenables

(fig. 173). La genouillère est scellée dans la maçonnerie, à côté de la bouche du four.

Le chauffe-four proprement dit (fig. 174) se compose essentiellement d'une boîte à gaz B, commune à un certain nombre de tubes éjecteurs, 5 ou 7 suivant les cas, et disposés sur deux

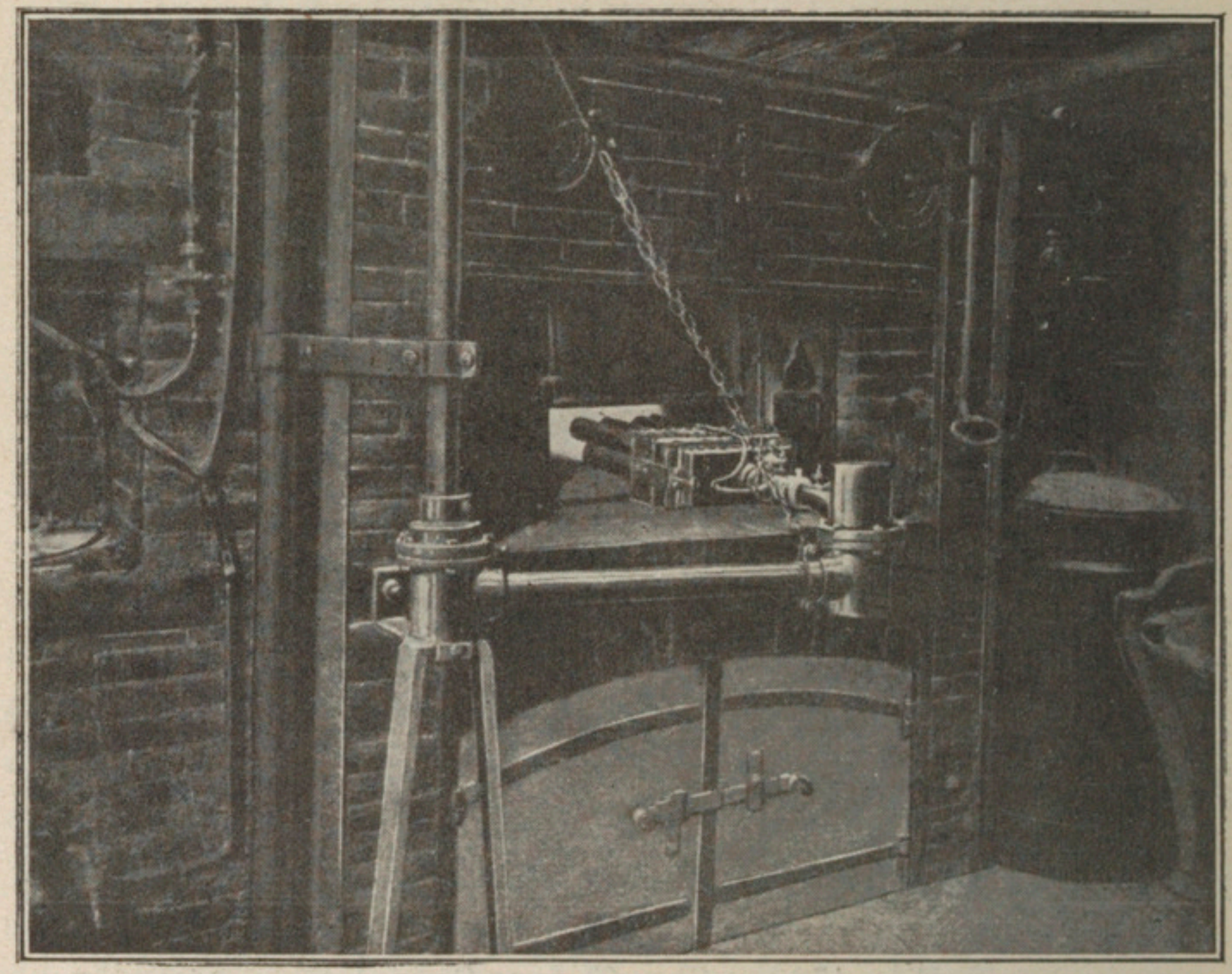


Fig. 173. — Appareil le Rapide, système Oudeville (en fonctionnement).

étages ; d'une boîte à mélange commune F, et d'une plaque de réglage commune. Les éjecteurs sont réglés pour donner un débit horaire de 30 mètres cubes ; le diamètre des canalisations nécessaires est de 50 millimètres, et le type du compteur à adopter est celui de 150 à 200 becs. Le gaz arrive par la canalisation dans la tubulure A, munie d'un robinet R ; un second robinet N, à barette de sûreté, commande la veilleuse d'allumage. Le gaz se répand dans la boîte B, pénètre dans les tubes mélangeurs de la boîte F, en entraînant avec lui l'air nécessaire pour la combustion. La quantité d'air admis se règle au moyen de

la plaque de réglage ou registre K, qu'on éloigne plus ou moins

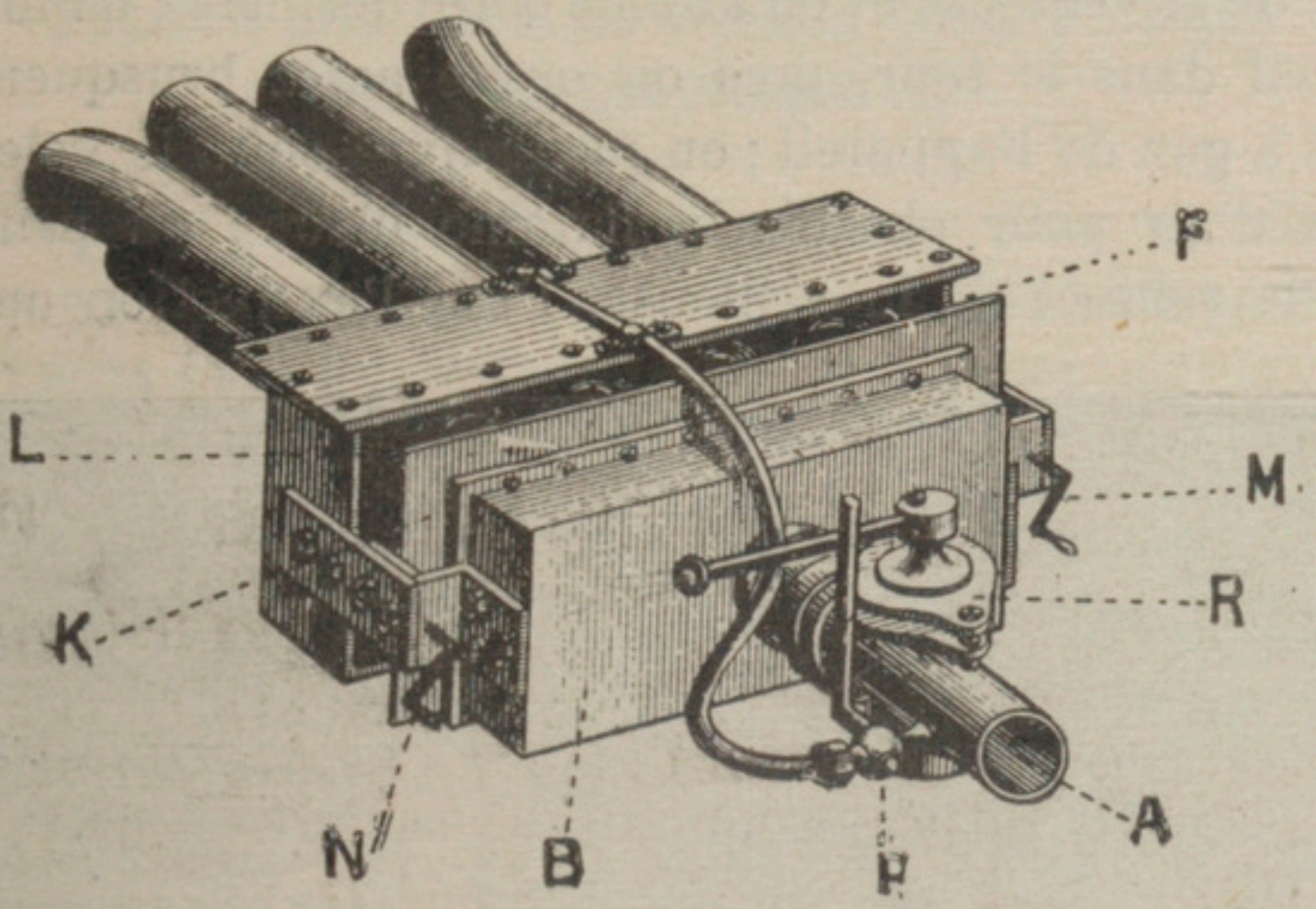


Fig. 174. — Appareil le Rapide, système Oudeville.

de la ligne de fermeture L, grâce aux deux tirettes M, placées de chaque côté de la boîte.

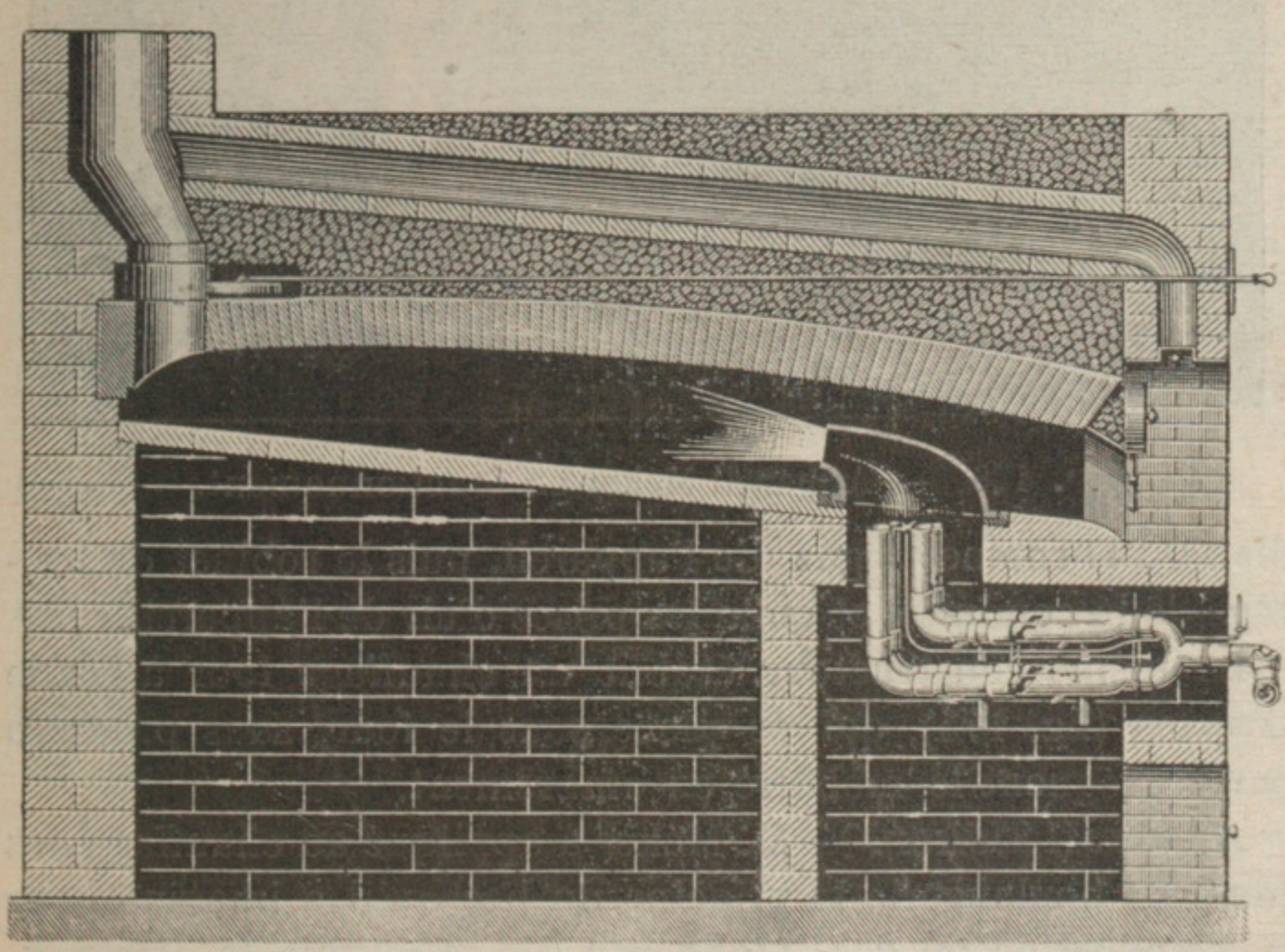


Fig. 175. — Appareil le « Cryptos ».

La manœuvre de l'appareil se fait de la façon suivante:

Les prises d'air étant complètement fermées, on ouvre le robinet de la veilleuse et on allume cette dernière ; on introduit l'appareil dans le four, puis on ouvre assez brusquement le robinet à gaz de l'appareil ; on manœuvre enfin le volet d'admission d'air pour obtenir la flamme bleue ; on peut alors fermer le robinet de la veilleuse. Pour l'extinction on ferme

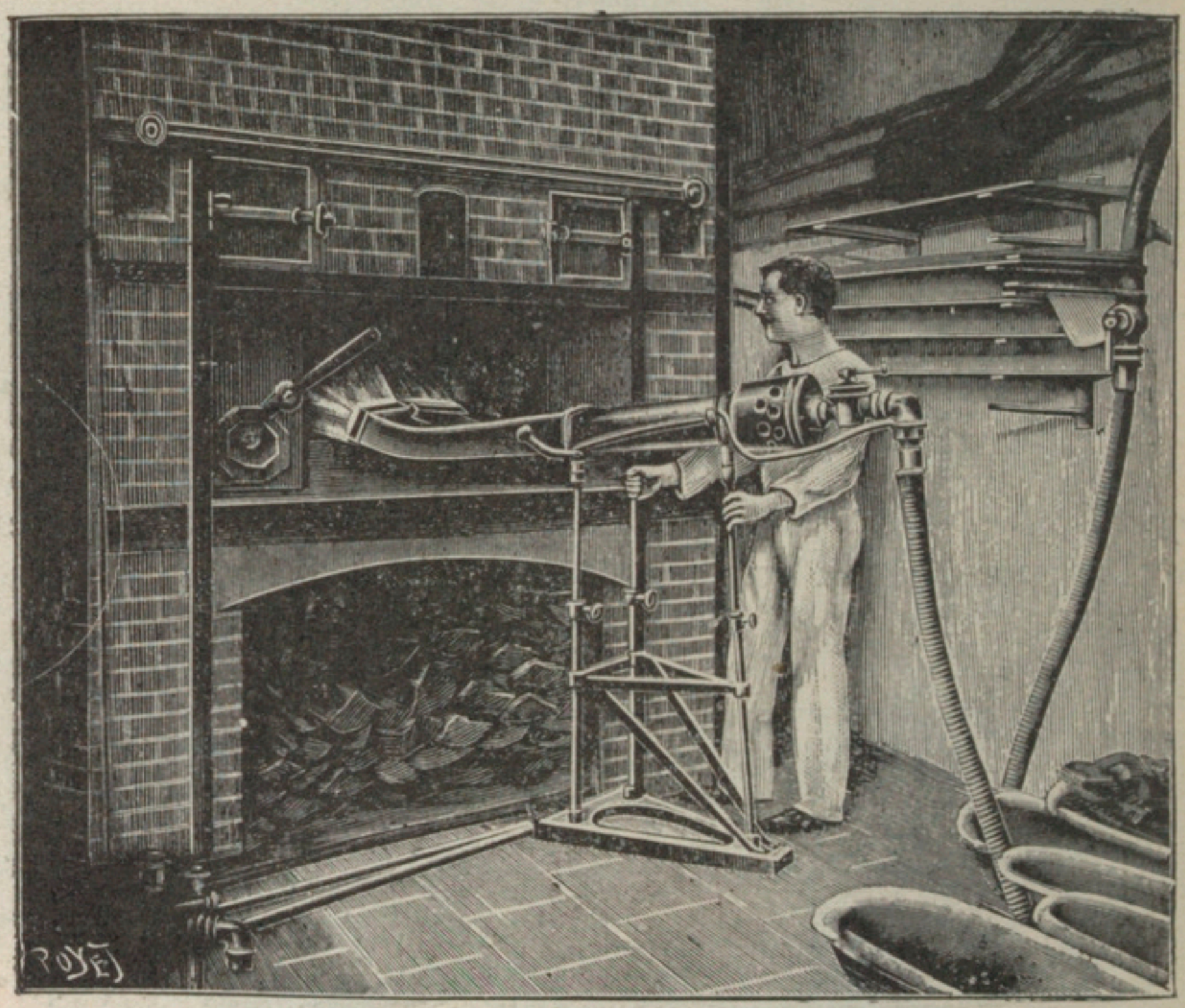


Fig. 176. — Appareil Méker en fonctionnement.

d'abord le robinet à gaz de l'appareil, puis le robinet de barrage de la conduite, et enfin les prises d'air de l'appareil.

Le même constructeur établit un chauffage four à gaz le Cryptos (fig. 175), qui se place sous le four, sans produire par conséquent le moindre encombrement.

Appareil Méker. — M. Méker a appliqué au chauffage des fours de boulangerie le principe du bec qu'il a imaginé pour la combustion du gaz. L'appareil (fig. 176) que le dessin ci-joint fait suffisamment comprendre est monté sur un chariot, et le gaz est amené au brûleur au moyen d'un tuyau métallique flexible.

FRAIS DE CHAUFFAGE DES FOURS DE BOULANGERIE

La dépense qui incombe au boulanger pour la cuisson du pain est variable suivant les fours et suivant la quantité de pâte à cuire. Plus il y a de fournées à cuire, et plus la dépense de combustible sera proportionnellement faible. Quand on chauffe un four, il faut, en effet, commencer par le porter à la température nécessaire pour effectuer la cuisson ; il faut ensuite le chauffer entre les fournées successives, mais cette seconde dépense est faible. La plus grosse quantité du combustible est employée pour l'échauffement du four, et on conçoit que cet échauffement sera plus ou moins difficile, selon que le four se sera refroidi plus ou moins complètement, c'est-à-dire selon qu'il y aura eu un intervalle de temps plus ou moins considérable entre deux périodes de travail. D'après un exemple emprunté au manuel Roret, un four consommait, pour la première fournée (100 kilogrammes de pain par fournée), 32 kilogrammes de bois; pour la deuxième, 12 kilogrammes; pour la troisième, 8 kilogrammes; pour la quatrième, $7^{kg},5$; et la même quantité pour les fournées suivantes. Pour cuire 100 kilogrammes de pain seulement, il fallait donc dépenser 32 kilogrammes de bois, tandis que, pour cuire 400 kilogrammes de pain, on brûlait seulement $14^{kg},8$ de bois par 100 kilogrammes de pain.

Il serait intéressant de savoir quel est le système de chauffage le plus économique. Pour répondre à cette question, il faut consulter les résultats des expériences de chauffage qui ont été poursuivies en 1912, pendant deux mois, par le Syndicat patronal de la Boulangerie de Paris, expériences au cours desquelles on a étudié comparativement le chauffage au bois, au charbon, et au gaz. Les expériences se sont poursuivies de la façon suivante : tous les pains cuits ont été préparés au moyen de la même farine, pétrie mécaniquement dans le même appareil, et chaque fournée était uniformément composée de 65 pains, mesurant $0^{m},80$ de longueur et pesés à $1^{kg},200$ de pâte. Les combustibles employés étaient du pin de Sologne et du charbon provenant des mines d'Aniche (morceaux de

la grosseur d'un œuf de pigeon). Comme résultats, les membres du jury enregistrèrent, non seulement la quantité de combustible consommée, mais encore donnèrent des notes pour apprécier l'aspect et la couleur, la propreté, la cuisson des pains.

Des nombreuses expériences qui ont été faites, nous rapporterons seulement celles de la semaine du 15 au 20 avril 1912, où les trois systèmes de chauffage furent expérimentés successivement chacun pendant deux jours, à raison de trois fournées par jour (chaque fournée représentant la cuisson de 78 kilogrammes de pâte) :

Bois sec.

		QUANTITÉ de combustible employé.	TOTAL du combustible par jour.	BRAISE RECUEILLIE.	DURÉE DU CHAUFFAGE.	DURÉE DE LA POSE après la 1re chauffe.	NOTES des experts. ASPECT et couleur.	PROPRETÉ.	CUISSON.
		kg.	kg.		min.	min.			
Lundi...	1re fournée.	32,800	65,550	20kg,100	45	15	11	11	14
	2e fournée.	21,050			20		12	11	14
	3e fournée.	11,700			15		15	11	17
Mardi....	1re fournée.	35,900	79,400		40	28	12	11	12
	2e fournée.	21,700			17		12	11	12
	3e fournée.	21,800			20		15	11	16
Totaux....		144,950			157	43	77	66	85

Les 144kg,950 de bois sec consommé proviennent de 178kg,310 de bois vert. Le poids moyen des falourdes employées étant de 18kg,030 et le prix net de 0fr,99, le prix des 144kg,950 de bois sec, s'établit donc de la manière suivante : $\frac{178{,}310 \times 0{,}99}{18{,}030} = 9^{fr},79$.

Il faut toutefois déduire de ce prix de 9fr,79 le prix de vente de 20kg,100 de braise recueillie.

Charbon.

	QUANTITÉ de combustible employé.	TOTAL du combustible par jour.	Néant.	DURÉE DU CHAUFFAGE.	DURÉE DE LA POSE après la 1re chauffe.	NOTES des experts. ASPECT et couleur.	PROPRETÉ.	CUISSON.
	kg.	kg.		min.	min.			
Mercredi. 1re fournée.	17,800			40	30	19	17	19
Mercredi. 2e fournée.	8,700	32,000		19		19	17	19
Mercredi. 3e fournée.	5,500			13		19	17	19
Jeudi.... 1re fournée.	21,750			42	55	19	17	19
Jeudi.... 2e fournée.	4,800	31,950		15		19	17	19
Jeudi.... 3e fournée.	5,400			9		19	17	19
Totaux....	63,950			138	85	114	102	114

Le prix de 100 kilogr. de charbon, frais de rentrage compris, étant de 51 francs, le coût des 63kg,950 de charbon consommé s'établit de la manière suivante : $\frac{51 \times 63{,}950}{1000} = 3^{fr},26.$

Gaz.

	QUANTITÉ de combustible employé.	TOTAL du combustible par jour.	Néant.	DURÉE DU CHAUFFAGE.	DURÉE DE LA POSE après la 1re chauffe.	NOTES des experts. ASPECT et couleur.	PROPRETÉ.	CUISSON.
	m. c.	m. c.		min.	min.			
Vendredi. 1re fournée.	18			60	4	14	20	14
Vendredi. 2e fournée	6	30		19		16	20	19
Vendredi. 3e fournée	6			21		16	20	19
Samedi.. 1re fournée.	18			61	11	19	20	19
Samedi.. 2e fournée.	7	33		21		19	20	17
Samedi.. 3e fournée.	8			20		19	20	19
Totaux....	63			202	15	103	120	107

Le prix du mètre cube de gaz étant de 0fr.20, le coût des 63 mètres cubes consommés est donc de $63 \times 0^{fr},20 = 12^{fr},60$.

Les moyennes journalières sont les suivantes :

Bois.

Bois consommé (correspondant à 89kg,155 de bois vert).	72kg,475
Braise recueillie	10kg,050
Durée de la 1re chauffe	42 minutes.
Durée de la 2e et de la 3e chauffe	18 —
Aspect et couleur du pain	12,8
Propreté	11
Cuisson	14,2

Charbon.

Charbon consommé	31kg,975
Durée de la 1re chauffe	41 minutes.
Durée de la 2e et de la 3e chauffe	14 —
Aspect et couleur du pain	19
Propreté	17
Cuisson	19

Gaz.

Gaz consommé	31mc,500
Durée de la 1re chauffe	60 minutes.
Durée de la 2e et de la 3e chauffe	20 —
Aspect et couleur du pain	17,2
Propreté	20
Cuisson	17,8

Les conclusions de la Chambre Syndicale, ont été les suivantes :

« Il ressort de ce que nous venons de publier, que le chauffage par le gaz présente de multiples avantages, tant au point de vue de la simplification du travail, de la commodité, que des résultats obtenus sous le rapport de la cuisson du pain, de la propreté, de l'aspect, de la couleur. Les résultats ont toujours été parfaits. En ce qui concerne le prix de revient, il est à supposer que, si des expériences étaient faites sur un plus grand nombre de fournées, et si l'on utilisait, pour ces expériences, des fours mieux appropriés au chauffage par le gaz, le prix de revient de ce mode de chauffage serait sen-

siblement diminué. Il est à supposer également que, dans l'avenir, les appareils de chauffage seront améliorés et viendront contribuer à réduire ce prix de revient.

« Enfin, il y a également lieu de tenir compte, en faveur du chauffage par le gaz, des dégradations sans doute moins grandes que subiront les fours, et aussi de la suppression du ramonage des cheminées, de la suppression de la manutention, du séchage, du cassage du bois et du local nécessaire à son enmagasinage, etc., avantages qui seront certainement très appréciés par tous les boulangers qui adopteront ce nouveau mode de chauffage, appelé dans l'avenir à rendre de très grands services à la boulangerie. »

ENFOURNEMENT DU PAIN

Lorsque la température du four atteint le degré nécessaire, 250° environ, avons-nous dit, le boulanger se dispose à placer les pâtes convenablement levées, arrivées à leur point d'apprêt, à l'intérieur du four ; cette opération porte le nom d'enfournement, et l'ensemble des pains qui subissent ensemble la

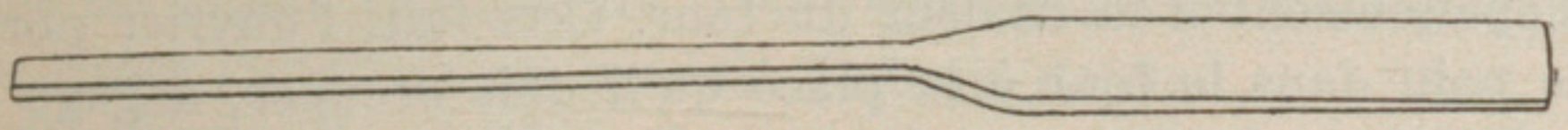


Fig. 177. — Pelle longue.

cuisson forme une fournée. Pour cette opération, l'ouvrier boulanger fait usage de pelles spéciales en bois (fig. 177, 178 et 179), munies d'un manche suffisamment long pour pouvoir atteindre le fond du four. Ces pelles ont une forme longue, ou arrondie, et des dimensions en rapport avec la forme et les dimensions des pains à travailler. Pour exécuter l'enfournement, l'ouvrier dispose sa pelle devant le four, l'extrémité de la pelle reposant devant la bouche du four, sur l'autel, et l'extrémité du manche étant appuyée sur un tréteau. Puis, la pile des bannetons ayant été approchée à portée de l'ouvrier, ce dernier saisit successivement les paniers et les retourne sur la pelle ; la partie du pain qui touchait le fond du banneton se trouve

maintenant dirigée vers la partie supérieure, de sorte que, pour les pains fendus notamment, la fente pourra s'ouvrir convenablement pendant la cuisson. Pour certains pains,

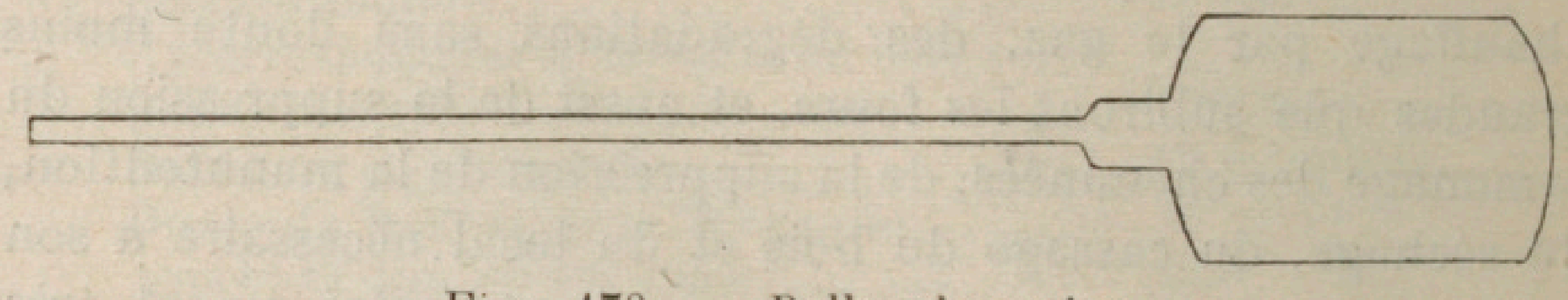


Fig. 178. — Pelle viennoise.

le boulanger, au moyen d'une petite lame d'acier tranchante, qu'il porte entre ses dents pendant tout le travail, détermine superficiellement trois ou quatre fentes inclinées sur la longueur du pain ; on détermine ainsi des arrachements qui

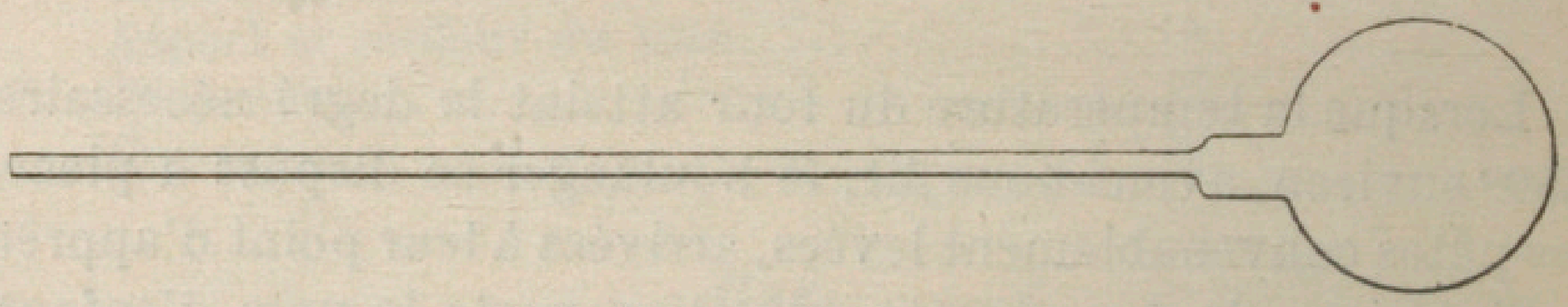


Fig. 179. — Pelle ronde.

s'épanouiront à la chaleur du four. Ceci fait, l'ouvrier porte le pain dans le four à la place qu'il doit occuper, dégage la pelle d'un petit coup sec, et revient charger le pain suivant.

L'enfournement doit commencer par les pâtes dont la fermentation est la plus avancée, afin d'arrêter cette dernière le plus rapidement possible ; on place les pains les plus gros, et par suite les plus difficiles à cuire, dans les parties du four les plus chaudes, c'est-à-dire au fond et au voisinage des parois latérales ; réservant le milieu du four et le voisinage de la bouche pour les pains les plus petits. Lorsque la fournée est tout entière en place, on ferme la porte du four qu'on n'ouvre plus ensuite que de temps à autre pour surveiller la cuisson. Pour exécuter toutes ces opérations, le boulanger a soin d'éclairer l'intérieur du four, comme nous l'avons dit, soit au moyen d'une allume, soit au moyen d'une lampe quelconque.

FLEURAGES

Pour mener à bien l'opération de l'enfournement, il faut empêcher la pâte d'adhérer à la pelle, et il faut, pour cela, saupoudrer les bannetons et la pelle elle-même avec un fleurage, matière pulvérulente, inerte, qui doit être insipide et incolore, et qui, s'interposant entre la pâte et la pelle, empêchera la première de coller sur la seconde.

On fait, dans ce but, usage de produits très variés :

Le *fleurage de blé* est formé par des remoulages plus ou moins purs, ayant une coloration blanchâtre ou jaune, ou par des recoupettes de coloration bistre ; ces produits présentent parfois des ponctuations noirâtres, en plus ou moins grande abondance, qui sont dues à la présence de nielle des blés.

Le *fleurage de maïs* représente une farine de maïs de basse extraction.

Le *fleurage de riz* est l'un des fleurages les plus blancs ; il est formé par une farine contenant des enveloppes du fruit et de la graine, des fragments d'assise protéique et des gruaux plus ou moins volumineux. Une teinte jaunâtre pourra faire suspecter l'addition au produit de balle de riz.

Fleurage de balles de céréales. — C'est une farine grossière, constituée uniquement par des balles de céréales ; ce fleurage ne renferme pas d'amidon ; il ne forme pas d'empois en présence d'eau bouillante.

Fleurage de pommes de terre. — Ce fleurage très apprécié est constitué par la drèche, résidu de l'extraction de la fécule de la pomme de terre. Cette drèche est pressée, desséchée à la touraille, puis pulvérisée et blutée.

Fleurages de pois et de fèves.

Fleurage de corozo. — Ce fleurage, qui convient admirablement bien pour le travail du pain, est formé par les sciures qui proviennent de la transformation en boutons de l'albumen d'une graine de palmier, le Tagua (*Phytelephas macrocarpa*), et que l'on appelle vulgairement : ivoire végétal. Ce fleurage se présente comme un sable blanchâtre, montrant

à la coupe un grand nombre de piquetures brunes, dues à la présence de débris du tégument de la graine.

Fleurages de bois. — On emploie également pour le fleurage des sciures de bois, dont le prix très bas permet de faire des fleurages économiques. On emploie des sciures de bois, de hêtre, de peuplier, de chêne. La sciure employée provient de l'équarrissage des bois, elle est blutée, et la partie fine seule, celle qui traverse la toile nº 40, est employée pour le fleurage du pain. Pour caractériser la présence du bois dans un fleurage, on emploie la réaction de la phloroglucine, qui, en présence d'acide chlorhydrique, colore les fragments de bois en rose pourpre; de même le sulfate d'aniline et l'acide sulfurique teignent le bois en jaune.

Le fleurage est, en boulangerie, un accessoire, mais indispensable ; il ne faut, du reste, pas s'effrayer outre mesure de l'emploi de ces fleurages : une petite partie, en effet, seulement colle à la pâte et est enfournée avec elle; en outre, au contact de la tôle du four, qui est très chaude, le fleurage subit une dessiccation et même une torréfaction, de sorte que, après la cuisson, on peut, au moyen d'un brossage énergique, détacher les parcelles encore adhérentes au pain, qui se trouve de la sorte, presque complètement nettoyé.

Cependant des réclamations se sont produites contre l'emploi des fleurages de corozo et des fleurages de bois. Le fleurage de corozo a été autorisé par le Conseil d'hygiène en 1895 « comme paraissant répondre aux conditions demandées pour le fleurage du pain ». La sciure de bois, d'abord interdite en 1861, a été autorisée par le Conseil d'hygiène en 1872 d'abord, puis à nouveau en 1909 : on peut faire usage de sciure de bois de hêtre et de peuplier, provenant de bois neuf, n'ayant encore servi à aucun usage, ni reçu aucune préparation ; les sciures devront être en bon état de dessiccation, sans odeur ni saveur étrangères et sans aucune moisissure.

Cependant le Congrès de 1909 pour la répression des fraudes a proposé l'interdiction du fleurage de bois et du fleurage de corozo.

Voici, d'après M. Arpin, les teneurs en humidité et en cendres des fleurages les plus employés :

	Humidité p. 100.	Cendres p. 100.
Fleurage de blé.....	10 à 11	3 à 4
— de maïs.....	10 à 11	2 à 3
— de pommes de terre....	11 à 13	1 à 3
— de corozo.....	10 à 11	1 à 4
— de bois.....	8 à 10	1 à 2

TRANSFORMATIONS SUBIES PAR LA PATE AU COURS DE LA CUISSON

Lorsque les pains sont enfournés, ils se trouvent tout à coup soumis à l'action d'une température élevée ; mais la chaleur ne se transmet que lentement à l'intérieur de la masse, tandis que les parties périphériques sont, au contraire, « saisies » ; il y a donc lieu de distinguer ce qui passe à l'extérieur des pains, dans la partie qui formera la croûte, et ce qui se passe à l'intérieur de ces mêmes pains, dans la partie qui formera la mie.

La croûte se trouve exposée à une température qui atteint rapidement plus de 200°, et dont le premier effet est de produire une dessiccation presque complète de toute la partie périphérique des pains ; puis le gluten brunit, et l'amidon lui-même peut commencer à se torréfier. Cette action se propage plus ou moins profondément dans l'intérieur de la masse, selon la température du four ; et on obtient de la sorte une croûte plus ou moins épaisse, fendillée, de couleur plus ou moins foncée, pouvant aller jusqu'au noir, si le four était trop chaud, et si la pâte a subi un commencement de carbonisation. Pour limiter le plus possible l'épaisseur de la croûte, on combat les deux causes qui la provoquent, c'est-à-dire l'élévation de la température et la dessiccation, en déterminant dans le four la formation de vapeur d'eau, comme nous l'avons vu, ou en mouillant les pains avant l'enfournement. La couche d'eau qui se dépose, ou qui se trouve sur les pains, provoque la transformation de l'amidon en amidon soluble et en dextrine, ce qui donne à la croûte une belle apparence dorée ; la croûte semble être recouverte d'un véritable vernis.

Dans l'intérieur des pains, la température s'élève progressivement ; au début, la fermentation peut encore continuer, et le dégagement de l'acide carbonique est même augmenté, les gaz se dilatent; la pâte se boursoufle, beaucoup plus en hauteur qu'en largeur, les parties du pain les plus voisines de la sole devenant rapidement dures et inextensibles. Puis, la température augmentant, la fermentation cesse, et l'amidon, chauffé en présence de l'eau contenue dans la masse, commence à se transformer en empois. Les grains d'amidon se gonflent, se soudent les uns aux autres, une petite partie se solubilisant sous forme d'amylodextrine (Lintner et Düll).

Si la pâte renfermait du son, et par suite un peu de diastase saccharifiante, l'action de cette dernière se poursuit jusqu'à 80° environ, produisant aux dépens de l'empois d'amidon des dextrines et du maltose.

Enfin la température s'élève toujours, et atteint un maximum légèrement supérieur à 100°, comme l'ont montré les mesures faites par Aimé Girard, qui a enregistré, au moyen de thermomètres à maxima, placés à l'intérieur de pains soumis à la cuisson ordinaire, la température atteinte par la mie pendant l'opération. L'eau contenue dans la pâte va donc se transformer en vapeur, et on pourrait croire que, cette vapeur s'échappant dans le four, la mie va subir une dessiccation au moins partielle; des expériences, dues à Balland, ont montré qu'il n'en était rien, et que la mie, une fois cuite, renfermait autant d'eau que la pâte avant la cuisson.

Les expériences ont été faites sur des pains de munition de forme ronde, du poids moyen de 1 500 grammes après cuisson. M. Balland a constaté que, pendant la cuisson, 1750 grammes de pâte avaient perdu 200 grammes d'eau, soit 11,42 p. 100 ; mais cette perte avait été supportée par la croûte uniquement. La pâte contenait, en effet, dans trois dosages : 47,57 p. 100, 47,18 p. 100, 48,01 p. 100 d'eau, et la mie, une fois cuite, en renfermait 47,82 ; la croûte, par contre, ne dosait plus que 24,66 p. 100 d'eau. La vapeur, produite dans l'intérieur de la masse de pain soumise à la cuisson, est donc retenue dans les alvéoles, dont la fermen-

tation a déterminé la formation dans la pâte, alvéoles dont les parois sont suffisamment résistantes, grâce à la ténacité du gluten.

DURÉE DE LA CUISSON

Le temps nécessaire pour cuire les pains est variable avec leur poids, et il est difficile de donner un temps déterminé pour la cuisson de chaque type de pain. Cependant, on admet généralement que, pour cuire les gros pains de 6 kilos, il faut une heure à une heure et demie ; pour les pains de 2 kilos, une heure ; et pour les pains de $0^{kg},500$, une demi-heure. Ce sont des caractères extérieurs qui permettent à l'ouvrier boulanger de reconnaître que la cuisson est suffisante. La croûte a pris une coloration vive ; la croûte inférieure, frappée avec le bout du doigt, doit bien résonner ; la mie des baisures doit être élastique, résister à la compression du doigt et reprendre rapidement sa position primitive. (On appelle baisures des pains, les parties de deux pains voisins qui étaient au contact au moment de l'enfournement, et qui se sont ensuite séparées, par le fait de la dilatation des pâtes en hauteur.)

DÉFOURNEMENT DU PAIN

La sortie du pain du four, ou défournement, ne présente rien de difficile ; il faut seulement avoir soin de sortir en premier, les pains qui sont les plus cuits ; parfois il faut remettre dans le fond du four les pains qui étaient vers la bouche et qui n'ont pas reçu suffisamment de chaleur. Les boulangers prennent souvent garde d'exposer le pain encore chaud, au contact de l'air froid, car la surface se gerce, se couvre de petites fentes ; aussi place-t-on les pains, à mesure qu'on les tire du four, dans une manne, où on les range en les appuyant sur l'un de leurs bouts, puis on les laisse refroidir lentement, après les avoir recouverts avec une couverture.

La période qui fait suite au défournement s'appelle le

ressuage ; pendant cette période, le pain perd encore de son poids : environ 2 p. 100. M. Balland, étudiant les modifications qui se produisent dans la composition des gaz enfermés dans les pains, a montré que, au moment même du défournement, les pains ne renfermaient que du gaz carbonique, et de la vapeur d'eau ; un quart d'heure après, on trouve dans les pains, un mélange de gaz carbonique, d'oxygène, d'azote, et de vapeur d'eau, et, après deux ou trois heures, on trouve seulement de l'air. La vapeur d'eau se condense peu à peu, et, comme les feuillets de gluten ne s'affaissent pas, il se produit dans la masse un vide partiel que l'air extérieur vient combler rapidement, pendant que le gaz carbonique se diffuse vers le dehors.

CHAPITRE XIII

LE PAIN

ANALYSE. FALSIFICATIONS
MODIFICATIONS AU COURS DE LA CONSERVATION
ALTÉRATIONS ET MALADIES
RENDEMENT DE LA FARINE EN PAIN
VALEUR ALIMENTAIRE DU PAIN

CARACTÈRES D'UN BON PAIN

Lorsqu'un pain a été bien fabriqué, avec une bonne farine, il doit être léger et poreux ; la masse doit être bien sonore sous le choc ; les cavités doivent se montrer dans toutes les parties, en grand nombre et assez volumineuses. L'odeur du pain doit être douce et la saveur agréable. La mie doit être élastique et spongieuse, revenir à sa position première quand elle a subi une pression modérée ; la mie doit être partout attachée à la croûte, qui doit être dorée et lisse.

Lorsque le pain a été mal préparé, il offre çà et là de petites masses de farine, qui n'ont pas été incorporées à la masse de la pâte ; ces grumeaux portent le nom de marrons. Le pain de mauvaise qualité répand une odeur fade ou de moisi ; sa teinte est foncée et surtout inégale ; ce pain est pesant, peu gonflé, et de digestion difficile.

Lorsque la cuisson a été mal faite, la croûte est, ou bien brûlée, ou bien blanche et molle, se séparant de la mie.

ANALYSE ET COMPOSITION DU PAIN

Le pain est constitué de deux parties, la croûte et la mie ; la première a une épaisseur de 4 à 5 millimètres ; d'après M. Balland, pour un pain rassis de 1500 grammes, il y a en

moyenne 996 grammes de mie et 504 grammes de croûte, dont 259 pour la croûte supérieure ; ces chiffres représentent 34,6 de croûte et 66,4 de mie pour 100 du pain. D'après Barral, le rapport moyen de la croûte à la mie est de 24 à 76 p. 100 du pain ; les proportions extrêmes de croûte, trouvées dans l'examen du pain de plus de 150 boulangeries de Paris, ont été de 15 et de 42 p. 100.

Les éléments analytiques du pain, humidité, matières azotées amidon, cellulose, cendres et matières grasses se déterminent en suivant les mêmes méthodes que celles employées pour l'analyse des farines.

La *proportion d'eau* contenue dans le pain se détermine sur le pain entier, en opérant sur le quart d'un pain, découpé en petits morceaux, et abandonné à l'étuve à 105°-110°. L'opération est longue ; elle exige de vingt-quatre à trente-six heures ; on peut se contenter de prélever de la mie, à l'intérieur du pain, et de faire le dosage de l'eau sur la mie seule, cette partie du pain étant celle qui peut contenir un excès d'humidité. La proportion d'eau, contenue dans la mie du pain blanc, de qualité supérieure, est au maximum de 46 p. 100 ; la teneur moyenne peut se fixer entre 44 et 46 p. 100.

L'*acidité* du pain se détermine par un épuisement à l'eau ; l'acidité du pain est plus grande que l'acidité de la farine correspondante, mais l'augmentation se produit au cours de la fermentation.

Le *taux des cendres*, pour tout pain blanc ordinaire, ne doit pas dépasser 1 p. 100 environ du poids du pain supposé sec.

Voici, d'après M. Balland, quelques analyses de pains : n° 1 : pain long sans fente, dit flûte ; n° 2 : pain boulot de 1 kilogramme, obtenu avec parties égales de levain et de levure ; n° 3 : pain long, dit allemand, de 1^{kg}, 500, obtenu avec une très forte proportion de levure ; n° 4 : pain de ferme de Saint-Julien (Ain) rond, légèrement bis, examiné après cinq jours de fabrication.

	I		II		III		IV	
	à l'état normal.	à l'état sec.	à l'état normal.	à l'état sec.	à l'état normal.	à l'état sec.	à l'état normal.	à l'état sec.
Eau	31,60	»	34,50	»	35,00	»	32,60	»
Matières azotées.	5,99	8,75	6,83	10,43	7,03	10,82	7,25	10,79
Matières grasses.	0,24	0,35	0,12	0,18	0,11	0,16	0,40	0,59
Matières amylacées.	61,59	90,06	57,95	88,48	57.29	88,14	58,04	87,58
Cellulose...	0,14	0,20	0,11	0,16	0,13	0,20	0,14	0,20
Cendres.	0,44	0,64	0,49	0,75	0,44	0,68	0,57	0,84
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Examen microscopique. — Lorsqu'on n'a pas pu analyser la farine qui a servi à la fabrication du pain dont on veut connaître la qualité, on peut faire l'examen microscopique sur le pain lui-même ; la différenciation des différents amidons, plus délicate lorsque la pâte a subi la cuisson, n'est pas cependant impossible, au moins dans certains cas. Quand il s'agit d'un pain frais, il suffit d'en prendre un échantillon de 10 grammes, que l'on pétrit en forme de boulette, et que l'on délaye ensuite, sous un mince filet d'eau, comme dans le cas d'un pâton de farine. Le plus souvent on a à examiner un produit plus ou moins desséché ; dans ce cas, on prélève environ 15 grammes de pain dur, on le ramollit en le pétrissant dans un mortier avec un peu d'eau, puis on le délaye en le frottant entre les doigts sur un tamis nº 240, jusqu'à ce que les eaux de lavage s'écoulent bien claires ; les eaux amylacées ayant été déversées dans un verre, on examine séparément le dépôt d'amidon et les débris restés sur le tamis. Ces derniers, dans le cas du pain de froment pur, présentent seulement des débris de téguments de blé, et des amas plus ou moins gros de gluten bruni par la cuisson ; le dépôt amylacé est constitué par les grains d'amidon, mais dont la plupart sont gonflés, déformés, à contour mal défini et souvent fissuré, tandis

que certains autres, non altérés par la cuisson, ont encore tous les caractères de l'amidon de blé. Les différents amidons sont, en effet, inégalement touchés par les opérations de la panification : s'il est très difficile de déceler dans un pain un mélange de farines de blé et d'orge, le problème est plus facile pour les cas d'un mélange de blé et de seigle, et encore plus aisé pour les mélanges de blé, de maïs et de riz. L'amidon de seigle se reconnaîtra dans le dépôt amylacé par ses grains de grandes dimensions montrant un hile crucial ou étoilé, dont les branches, sans avoir maintenant la netteté qu'elles offraient sur le grain d'amidon cru, sont encore cependant parfaitement visibles, sinueuses, ondulées et se prolongeant parfois jusqu'à la périphérie du grain.

Quant aux gruaux de riz et de maïs, qui sont à peine touchés par la cuisson, ce n'est pas dans le dépôt amylacé qu'il faudra les rechercher, mais bien parmi les débris restés sur le tamis où on les reconnaîtra facilement.

FALSIFICATIONS DU PAIN.

On est souvent tenté de croire que le boulanger peu consciencieux peut à volonté laisser dans le pain une quantité d'eau anormale, de manière *à faire du poids ;* c'est là une chose impossible à réaliser dans les conditions ordinaires d'une bonne panification. MM. Villiers, Collin et Fayolle signalent un moyen détourné pour arriver à obtenir des pains plus humides que les pains normaux : on délaye du riz en poudre, de la fécule de pomme de terre, ou même simplement de la farine dans les proportions d'environ 6 p. 100 du poids de l'eau. On fait bouillir jusqu'à ce que l'on obtienne un empois fluide et homogène, qu'on laisse refroidir jusqu'à 25 ou 30 degrés, et qu'on utilise ensuite pour le pétrissage. On obtient une pâte de consistance ordinaire, mais qui contient plus d'eau : après cuisson, le pain ainsi préparé renferme entre 6 à 7 p. 100 d'eau de plus que le pain pétri normalement.

Recherches des matières minérales ajoutées frauduleusement. — On ajoute parfois aux farines de mauvaise qua-

lité une certaine proportion d'*alun*, dans le but d'obtenir un pain blanc, que les farines ne pourraient pas fournir naturellement. Dans le cas où cette fraude serait soupçonnée, il faudrait rechercher l'alumine dans les cendres du pain. Il faut toutefois prendre garde qu'une petite proportion d'alumine peut se trouver dans la farine, sans qu'il y ait fraude, ce corps ayant pu être apporté par les matières terreuses retenues dans le sillon du grain. La dose d'alumine trouvée dans le pain ne doit pas dépasser 1 milligramme pour 100 parties de pain. La méthode de dosage à employer est la suivante (Villiers, Collin et Fayolle) : les cendres du pain sont dissoutes dans de l'acide chlorhydrique ; on ajoute dans la solution un peu d'ammoniaque jusqu'à ce qu'il commence à se former un précipité que l'on redissout par une goutte d'acide. On verse ensuite un peu de perchlorure de fer et de l'acétate de soude, en ajoutant au besoin un peu de perchlorure, si l'acétate détermine un précipité de phosphate de fer. La solution limpid e ainsi obtenue diluée, si la coloration est assez prononcée, est soumise à l'ébullition. L'alumine se précipite en même temps que le fer et l'acide phosphorique. Le précipité est lavé complètement à l'eau bouillante, puis traité à l'ébullition, dans une capsule de porcelaine, avec un léger excès de potasse exempte d'alumine. L'alumine dissoute dans l'alcali est ensuite précipitée par un excès de chlorhydrate d'ammoniaque, lavée et pesée. Si on épuise le pain par l'eau, la liqueur obtenue ne doit pas contenir du tout d'alumine.

Dans le but d'obtenir une meilleure levée de la pâte, on introduit parfois dans la farine du sous-carbonate de magnésie, de potasse ou d'ammoniaque. La présence des carbonates est décelée dans les cendres du pain, en faisant agir un acide qui provoquera une effervescence ; on peut distinguer les carbonates insolubles (chaux et magnésie) des carbonates alcalins solubles, en faisant agir l'acide séparément sur les cendres solubles et sur les cendres insolubles du pain préalablement séparées par un lavage à l'eau.

Enfin, toujours pour favoriser la levée de la pâte, si le pain a été falsifié par addition de sulfate de cuivre, ce sel se retrouvera dans la solution chlorhydrique des cendres du pain :

par la coloration bleue, obtenue en présence d'un excès d'ammoniaque s'il y a des traces sensibles de métal ; en cas contraire, la liqueur filtrée donnera un précipité ou une coloration rouge brique par addition d'acide acétique et de ferrocyanure de potassium.

TRANSFORMATION DU PAIN AU COURS DE SA CONSERVATION

M. Balland, examinant ce que devenait le pain abandonné à l'air libre après sa sortie du four, a constaté qu'il se produisait, en même temps qu'une dessiccation, un changement de volume. Un morceau de mie bien développée, pesant 47 grammes et ayant la forme d'un parallélipipède de 80 millimètres de long, 60 millimètres de lagre et 50 millimètres de haut, ne mesurait plus après sa dessiccation spontanée (huit jours) que 65 millimètres de long, 50 millimètres de large, et 40 millimètres de haut. La dessiccation du pain entier se fait plus ou moins rapidement, selon le poids du pain, sa forme, son épaisseur, la légèreté de la mie, l'état de sécheresse du local, sa température, etc. ; cette dessiccation s'arrête lorsque la teneur en eau du pain est de 12 à 14 p. 100, ce qui est la proportion normalement contenue dans le blé et dans les farines.

Lorsque le pain est ainsi complètement desséché, il est devenu du pain dur; mais, bien avant d'avoir atteint cette transformation extrême, le pain en subit une autre, par laquelle la croûte, cessant d'être croquante et cassante, devient au contraire souple et tenace; la mie, cessant d'être grasse et collante, se désagrège et s'émiette facilement ; cet ensemble de caractères nouveaux se traduit d'un mot en disant que le pain qui était frais ou tendre est devenu du pain rassis.

Boussinau lt, qui a étudié cette transformation du pain, a démontré que la perte d'eau n'intervenait pas dans le phénomène, car elle était insignifiante (1 p. 100 au maximum) dans un pain devenu très rassis, au bout de six jours ; en outre, un pain devient rassis, même dans une atmosphère saturée d'humité. D'autre part, il est encore démontré que la température

doit jouer un certain rôle; puisqu'un pain rassis, remis au four, reprend tous les caractères du pain frais. Les conclusions de Boussingault étaient les suivantes : « Ce n'est pas par une moindre proportion d'eau que le pain rassis diffère du pain tendre, mais par un état moléculaire particulier qui se manifeste pendant le refroidissement, se développe ensuite, et persiste aussi longtemps que la température ne dépasse pas une certaine limite. »

M. Boutroux, reprenant cette étude, sépare deux phases dans le phénomène : dans la première, le pain se refroidit ; dans la seconde, le pain devient de plus en plus rassis sans changer de température.

Dans la première phase, la proportion d'eau contenue dans le pain joue un rôle prépondérant, non pas pour sa valeur brute, mais pour sa distribution dans la masse. Pendant que le pain est au four, la croûte est à une température supérieure à celle de la mie : l'eau qui s'échappe de la croûte va donc en partie distiller vers la mie, et en partie se perdre dans l'atmosphère du four ; nous avons vu que la mie ne se desséchait nullement au cours de la cuisson. Après le défournement, au contraire, la croûte, en contact avec l'air, se refroidit beaucoup plus vite que la mie, et l'eau contenue dans cette dernière va distiller vers la croûte et se condenser en amollissant cette partie périphérique du pain, pendant que la mie se durcit du fait même de cette perte d'eau. Si maintenant, comme le faisait Boussingault, on porte à nouveau le pain au four, les conditions se trouvent inversées, la croûte devient plus chaude que la mie, et de l'eau, s'échappant de la croûte, gagne la mie pour lui rendre les caractères de la mie fraîche qu'elle avait perdus.

Pendant la seconde phase de transformation du pain, phase postérieure au refroidissement, M. Boutroux fait intervenir un nouveau facteur : la modification des solutions d'amylodextrine. Lintner et Düll ont montré que l'amidon chauffé en présence de l'eau se transformait partiellement en un corps, l'amylodextrine, peu soluble dans l'eau froide, mais qui se dissout presque en toutes proportions dans l'eau chaude ; de plus, cette amylodextrine forme très facilement des solutions

sursaturées, c'est-à-dire qu'une solution saturée à chaud n'abandonne qu'au bout d'un certain temps de refroidissement l'excès du corps dissous. Pendant la cuisson du pain, il se forme une certaine quantité d'amylodextrine, qui se dissout dans l'eau contenue dans le pain. Après le défournement, la solution se refroidit, mais en restant sursaturée, de sorte que la mie reste pâteuse. Puis, après quelques jours, cet état de sursaturation cesse, la solution d'amylodextrine subit une solidification lente, et la mie du pain durcit.

Enfin M. Lindet, étudiant à nouveau la transformation du pain rassis, a montré que la modification de l'état de l'amylodextrine avait une influence certaine; mais qu'il fallait également tenir compte du changement d'état subi par l'empois d'amidon lui-même. Ce dernier se présente, en effet, sous forme insoluble dans l'eau, mais à un état de gélatinisation plus ou moins avancée (l'empois le plus gélatinisé se dissolvant dans l'acide chlorhydrique faible : $1^{cc},5$ d'acide pour 100 centimètres cubes d'eau ; et, en outre, le grain d'amidon mis en empois pouvant absorber une quantité d'eau qui est en rapport avec son degré d'éclatement et de perméabilité).

M. Lindet a observé que, pendant la transformation du pain tendre en pain rassis, la composition de la croûte restait invariable. Cette croûte renferme plus de dextrines que la mie, mais ces dextrines ne rétrogradent pas. L'amidon est éclaté, il peut absorber au moins quatre fois son volume d'eau aussi bien au sortir du four que quarante-huit heures après ; mais il n'est pas muqueux et ne se dissout pas dans l'acide chrohydrique faible. Dans la mie, au contraire, il se produit des transformations profondes : le poids des dextrines solubles qui, au sortir du four, atteignait plus de 10 p. 100 du pain sec diminue progressivement jusqu'à ne plus représenter que 2 p. 100 : c'est la rétrogradation de l'amylodextrine, signalée plus haut. Mais il y a plus : au début, l'acide faible dissolvait 20 à 25 p. 100 d'amidon ; on voit rapidement cette proportion diminuer, et l'amidon, cessant d'être muqueux, ne se dissout plus. La quantité d'eau retenue par le grain d'amidon empesé diminue également très vite : le grain d'amidon, qui fixait plus de six fois son volume d'eau dans le

pain chaud, en absorbe deux fois moins dans le pain rassis ; l'amidon s'est contracté et raccorni avec le temps, il est devenu moins perméable.

Au moment de la cuisson, les grains d'amidon en éclatant formaient des folioles qui s'enchevêtraient ; puis, l'amylodextrine rétrogradant, l'empois devenant moins muqueux, la masse perd son onctuosité et sa ténacité ; il se forme des fissures dans la masse, de sorte que la mie a tendance à s'émietter. Si on réchauffe le pain rassis, on reforme de l'empois soluble, et en outre, on rend à l'empois l'ampleur de développement qu'il avait perdue.

ALTÉRATIONS DU PAIN

Une fois préparé, le pain peut être envahi par un certain nombre de parasites, insectes, ou bactéries.

On a signalé les ravages exercés dans des biscuits de troupe par l'*Ephestia elutella*, l'*Ephestia interpunctata*, et l'*Asopia farinalis*.

Les bactéries les plus communément signalées dans le pain sont le *Micrococcus prodigiosus*, qui produit des taches rouges sur la mie de pain; le *Bacillus violaceus*; la *Monilia variabilis* qui produit le pain crayeux.

Il existe, en outre, une altération du pain, désignée sous le nom de pain filant ou de pain visqueux, qui se manifeste surtout pendant les fortes chaleurs de l'été et qui transforme le pain en une masse visqueuse et filante, formée de fragments reliés par des filaments, et exhalant une odeur repoussante. Cette maladie du pain est due au développement de divers microbes du genre *subtilis* ou bien du *Bacillus mesentericus*. On a isolé les *Bacillus panis viscosi* I, II et III. Tous ces germes divers sont apportés par la farine même ; la chaleur de la cuisson n'est pas suffisante pour tuer les spores, qui ne sont détruites qu'après quinze minutes à la température de 115°, dans un bouillon de culture neutre. Si le milieu de culture est acide, la stérilisation peut, à la vérité, être atteinte en quelques minutes à la température de 100°, d'après M. Chamberland,

et c'est ce qui se produit le plus souvent pour le pain dont la pâte est suffisamment acide ; l'expérience a montré que la pâte possédant une acidité de 1gr,5 à 2 grammes (en acide sulfurique) ne pouvait pas donner de pain filant. L'infection se produit dans le cas où cette acidité n'est pas atteinte.

Le remède contre la maladie consistera donc à ajouter dans la pâte, au moment du pétrissage, de l'acide acétique à la dose de 100 grammes par 100 kilogrammes de farine, ou du vinaigre à la dose de 1 à 2 litres. On a également conseillé l'emploi d'acide lactique, ou de petit-lait acide.

Dans les pains attaqués, l'amidon est saccharifié, le gluten est décomposé en donnant des peptones, des amides, de l'ammoniaque ; les matières grasses et les matières cellulosiques restent intactes. En même temps, les bactéries sécrètent une matière glaireuse formée d'hydrates de carbone et de matières albuminoïdes.

RENDEMENT DES FARINES EN PAIN

Le poids de pain que l'on peut obtenir avec les différentes farines varie, d'abord avec la qualité de la farine qui, nous l'avons vu, peut absorber une quantité d'eau plus ou moins considérable, et ensuite avec le genre de pain que l'on veut fabriquer; les pains ayant une forte proportion de croûte perdent naturellement plus d'eau que les autres pendant la cuisson. M. Boutroux donne la formule simplifiée suivante pour rendre compte du rendement du blé dans ses transformations successives en farine et en pain :

Le blé donne en farine les trois quarts de son poids ;

La farine absorbe au pétrissage la moitié de son poids d'eau ;

La pâte perd à la cuisson la moitié du poids d'eau absorbé au pétrissage ;

La farine donne en pain les cinq quarts de son poids ;

Le blé donne en pain les quinze seizièmes de son poids, c'est-à-dire que 100 kilogrammes de blé fournissent environ 100 kilogrammes de pain.

$$\frac{3B}{4} + \frac{3B}{8} - \frac{3B}{16}$$

$$\frac{12B + 6B - 3B}{} = \frac{15B}{}$$

VALEUR ALIMENTAIRE DU PAIN

On sait que dans l'alimentation humaine doivent figurer différents principes, dont les uns sont destinés à la régénération, et à l'entretien de nos tissus, tandis que les autres sont plus particulièrement une source d'énergie. Les premiers sont les matières albuminoïdes, les secondes les matières hydrocarbonées. Nous savons que ces deux groupes de substances sont présentes dans le pain, et que, suivant les cas, on pourra considérer ce pain, soit comme fournisseur de matières azotées, soit comme fournisseur de matière hydrocarbonée.

Les matières albuminoïdes ou protéiques ont comme type l'albumine de l'œuf, la caséine du lait, la partie maigre de la viande, le gluten de la farine, etc.... Les matières albuminoïdes ingérées, décomposées sous l'action des sucs digestifs en leurs constituants (acides aminés), pénètrent dans la circulation et vont, au point voulu, se combiner à la matière vivante pour régénérer les tissus affaiblis. L'excès des matières azotées consommées se transforme dans le corps en réserves, en graisse par exemple, ou bien sert à la production de l'énergie et de la chaleur dépensées par notre corps. Cependant il faut éviter d'ingérer un excès de ces substances, car l'organisme ne peut les utiliser complètement, et les déchets qu'ils fournissent sont de véritables poisons dont l'accumulation peut devenir dangereuse. Le principal rôle des substances albuminoïdes est donc la constitution des tissus ; à ce point de vue, quelle peut être la valeur du pain? Il est hors de doute que, pour la reconstitution des tissus de l'homme, la meilleure substance est la matière albuminoïde d'origine animale ; les acides aminés, qui composent la matière albuminoïde végétale, ne s'y trouvent pas dans la même proportion que ceux qui composent la matière albuminoïde animale, et, pour régénérer la seconde aux dépens de la première, on est conduit à faire ingérer, par l'organisme, un poids de substance véritablement excessif. Le Dr Maillard cite, à ce propos, l'exemple suivant : « Supposons qu'un homme ait besoin de reconstituer 100 grammes de globine, matière albuminoïde des globules

rouges du sang, qui contient environ 11 p. 100 d'histidine et qu'il n'ait à sa disposition dans ce but que la gliadine du pain qui contient environ 1,7 p. 100 d'histidine. Il est évident que, pour avoir les 11 grammes d'histidine nécessaires à ces 100 grammes de globine, il sera obligé de prendre au moins $\frac{100 \times 11}{1,7} = 647$ grammes de gliadine.... En revanche, la gliadine contenant au moins 31,5 p. 100 d'acide glutamique, les 647 grammes introduiront 203gr,81 de cet acide dont l'organisme ne saura que faire, puisqu'il lui suffit de 1gr, 73 d'acide glutamique pour reconstituer 100 grammes de globine. »

La conclusion de ce qui précède, c'est que le pain, au point de vue de la matière azotée, est insuffisant à lui seul pour notre alimentation, comme l'ont du reste démontré directement des expériences d'alimentation exclusive au pain. Il ne faudrait pas, non plus, conclure que le pain doit être rejeté de l'alimentation de l'homme ; celle-ci doit être mixte ; l'alimentation exclusivement animale présente de graves inconvénients, et l'on admet que la meilleure ration, représentant par jour 2 kilogrammes d'aliments divers, doit se répartir de la manière suivante :

Aliments d'origine animale :
Solides : 322 grammes : viandes de boucherie, charcuteries, graisses, volailles, gibiers, poissons, fromages, œufs, beurre.
Liquides : 219 grammes : lait.
Total : 541 grammes.
Aliments d'origine végétale :
Solides : 940 grammes : pain, légumes frais et secs, fruits, sucre.
Liquides : 519 grammes : boissons fermentées et alcooliques, huiles.
Total : 1459 grammes.
Total général ; 2000 grammes.
Ce qui représente 27,05 d'aliments d'origine animale, et 72,95 d'aliments d'origine végétale.

Les matières hydrocarbonées ne laissent dans l'organisme que de l'eau et de l'acide carbonique, produits de leur combustion ; elles sont employées directement pour la production de l'énergie et de la chaleur. Le pain contient une forte proportion de ces matières hydrocarbonées par son amidon. On

voit donc que le pain devra être plutôt considéré comme un fournisseur de substances hydrocarbonées, que comme un fournisseur de substances albuminoïdes ; d'ailleurs, en pratique, jamais ou presque jamais, le pain n'est considéré comme l'aliment essentiel : il accompagne seulement d'autres aliments végétaux, riches en azote, et apporte seulement dans la ration totale une partie de cette matière azotée végétale qui est indispensable pour le bon fonctionnement de notre organisme.

M. Fleurent a voulu voir cependant quelle serait la valeur énergétique du pain, considéré d'une part comme source de matières azotées, et d'autre part comme source de matières hydrocarbonées. Il fallait, pour cela, considérer, d'un côté, des farines très riches en azote, et de l'autre côté, des farines aussi pauvres que possible par rapport à cet élément. C'est ce que M. Fleurent a fait, considérant des farines diverses à 70 p. 100 d'extraction, puis les pains qui dérivent de ces farines ; les résultats ont été les suivants :

Valeur énergétique de farines diverses de froment.

FARINE à 70 p. 100 d'extraction.	EAU.	MATIÈRES azotées.		MATIÈRES			VALEUR énergétique par	
		totales.	Gluten.	grasses.	hydrocarbonées.	minérales.	kilogramme de matière sèche.	kilogramme de farine à 14 p. 100 d'eau.
							Calories	Calories
1.....	15,22	6,96	5,75	0,94	75,65	0,54	3858	3318
2.....	15,42	8,55	7,45	1,07	72,81	0,56	3849	3285
3.....	15,04	9,49	8,47	1,02	72,97	0,58	3843	3305
4.....	13,90	10,48	9,52	1,21	72,60	0,57	3838	3301
5.....	14,04	11,90	10,68	0,95	71,83	0,43	3842	3304
6.....	12,86	13,09	11,66	1,22	71,43	0,67	3851	3313
7.....	12,88	14,25	12,60	1,26	70,17	0,67	3856	3316
8.....	12,50	15,04	13,68	1,14	69,64	0,68	3831	3295
Valeur énergétique moyenne (à 14 p. 100 d'eau).....								3305

Valeur énergétique des pains correspondants.

PAINS	EAU	MATIÈRES azotées.	MATIÈRES grasses.	MATIÈRES hydro-carbonées.	VALEUR énergétique réelle par kilogr.
					Calories.
1.....	32,50	5,57	0,75	60,22	2604
2.....	34,00	6,67	0,83	56,79	2521
3.....	34,90	7,27	0,78	55,85	2502
4.....	35,80	7,81	0,90	54,09	2464
5.....	36,90	8,73	0,70	52,72	2424
6.....	37,80	9,32	0,87	50,86	2396
7.....	38,50	10,05	0,89	49,47	2372
8.....	39,60	10,38	0,79	48,30	2314

Le premier de ces deux tableaux montre que toutes les farines ont à peu près la même valeur énergétique : lorsque, dans une farine, la proportion de matière azotée augmente, on voit la proportion de matière hydrocarbonée subir une diminution correspondante, de telle sorte que la somme de ces deux substances forme un chiffre sensiblement constant, et, comme le coefficient énergétique de la substance azotée, qui est de 3,68, est très voisin de celui de la substance hydrocarbonée, qui est de 3,88, on conçoit facilement que la valeur énergétique totale de la farine, reste sensiblement la même, quelle que soit la composition des produits. On voit également que la valeur énergétique de l'albumen de blé (dont une farine à 70 p. 100 d'extraction représente environ les 9/10) est un chiffre constant, voisin de 3305 calories.

Le tableau concernant les pains montre que la teneur en eau augmente avec la proportion de gluten, augmentation qui se traduit par une diminution de la valeur énergétique ; l'écart entre la farine nº 1, à 5,75 p. 100 de gluten, et la farine nº 8, à 13,68 p. 100, étant environ de 300 calories. Ce fait montre que, plus on veut trouver dans le pain de matière azotée, plus la quantité de calories que le pain pourra fournir, deviendra faible. Le mieux sera donc de rechercher une farine suffi-

samment riche en gluten, pour pouvoir fournir un pain convenablement levé, léger, et par suite digestible (richesse qui est de 8,5 à 9 p. 100), sans rechercher une richesse azotée excessive. Le rôle des blés très riches en gluten sera donc limité à amener le gluten des farines plus pauvres au taux nécessaire. La valeur énergétique de ce pain type sera d'environ 2 500 calories.

Nous nous sommes efforcés, au cours de cet ouvrage, de montrer que le meilleur pain à consommer était le pain blanc, bien levé, bien digestible. Ce fait peut encore être prouvé, par une expérience directe faite par M. G. Meyer, et qui a consisté à nourrir un homme jeune et robuste, successivement et exclusivement avec différentes sortes de pain, de manière à voir comment l'organisme profitait de chacun d'eux ; l'alimentation avec chaque sorte de pain a duré quatre jours, et on a essayé ainsi quatre sortes de pains :

I. Pain de Horsford-Liebig (pain de seigle levé au moyen d'un mélange de bicarbonate de soude, superphosphate de chaux et chlorure de calcium) ;

II. Pain de seigle de Munich (fait avec de la farine de seigle et des farines de froment inférieures, toutes farines exemptes de son) ;

III. Pain blanc de froment ;

IV. Pain de farine entière (pain noir, dit *Pumpernickel* du pays d'Oldenbourg).

Les quantités de pain que le sujet put consommer par jour furent notablement différentes :

I. Horsford Liebig.....	800 grammes.
II. Pain de seigle de Munich.....	816gr,7
III. Pain blanc.....	736gr,2
IV. Pumpernickel	756 grammes.

Mais les quantités de matières rejetées pour cent parties ingérées, furent les suivantes :

Pains.	Parties solides.	Azote.	Cendres.
I.....	11,5	32,4	38,1
II.....	10,1	22,2	30,5
III....	5,6	19,9	30,2
IV	19,3	42,3	96,6

Le pain blanc, le mieux levé, et contenant seulement des substances azotées, assimilables par l'organisme, s'est montré le meilleur, l'azote résorbé p. 100 d'azote fourni ayant été pour les différents pains de :

III	80,1
II	77,8
I	67,6
IV	57,7

Enfin, pour terminer ce qui a trait au pain considéré comme aliment, nous emprunterons les chiffres suivants aux tableaux publiés par M. Alquier, et qui permettront de comparer le pain aux principaux aliments de consommation journalière :

La proportion des substances alimentaires, utilisées par l'organisme, a été déterminée en admettant les chiffres suivants (fournis par des expériences directes) :

Sur 100 grammes de principes ingérés, l'homme soumis au régime mixte en digère :

	Dans les aliments d'origine animale. Grammes.	Dans les aliments d'origine végétale. Grammes.
Matières azotées	97	84
— grasses	95	90
— hydrocarbonées	98	97

Le nombre des calories totales apportées par 100 grammes d'nn aliment considéré est déterminé d'après les bases données par le tableau suivant :

	Calories produites par la combustion de	
	1 gramme de matière ingérée. Calories.	1 gramme de matière digérée. Calories.
Matière azotée	4,0	4,4
— grasse	8,9	9,4
— hydrocarbonée	4,0	4,1

Le nombre des unités nutritives organiques utilisables digérées, apportées par 100 grammes d'aliment, est déterminé en prenant comme unité de mesure le gramme d'hydrocarbonés digérés : 100 grammes d'aliment contenant 20 p. 100 d'hydrocarbonés digestibles représentent par conséquent

vingt unités nutritives. D'après les pouvoirs calorifiques, on calcule que 1 gramme de matière azotée vaut 1,07 unité nutritive, et 1 gramme de matière grasse 2,29 unités.

Enfin, la relation des unités nutritives utilisables indique, au dénominateur, le nombre d'unités nutritives d'origine non azotée (graisse et hydrocarbonés) apportées par l'aliment considéré pour 1 unité nutritive de nature azotée (au numérateur).

Les chiffres que nous donnons se rapportent à la partie utile des aliments, supposés débarrassés des déchets non consommables (la proportion de ces déchets est indiquée dans la première colonne du tableau : partie bonne à manger).

ALIMENT.	Partie bonne à manger.	EAU. Moyenne.	CENDRES Ingérées p. 100 moyenne.	CENDRES Utilisables digérées moyenne p. 100.	MATIÈRES AZOTÉES. Ingérées p. 100 Maxima.	Minima.	Moyenne p. 100.	Utilisables digérées moyenne p. 100.
Pain blanc moyen.....	100	35,31	1,05	0,79	16,30	2,76	8,26	6,94
Pain bis.....	100	43,60	2,10	1,58	5,60	5,20	5,40	4,54
Pain complet.....	100	36,53	1,44	1,08	11,70	6,80	9,15	7,69
Pain froment de campagne.	100	31,43	0,64	0,48	7,71	7,11	7,48	6,28
Pain de froment et seigle...	100	35,90	0,87	0,65	»	»	7,97	6,69
Macaroni	100	11,09	1,10	0,83	16,60	7,90	12,45	10,46
Sucre raffiné.....	100	0,06	0,04	0,03	»	»	»	»
Choux frisé..... ..	76,50	90,89	1,06	0,80	4,10	0,20	1,82	1,53
Haricots verts.....	88,60	89,17	0,70	0,53	4,35	1,70	2,50	2,10
Haricots secs.....	100	12,65	3,50	2,63	31,90	12,80	20,77	17,45
Pomme.....	83,10	84,41	0,39	0,29	1,44	0,10	0,30	0,25
Aloyau de bœuf.....	79,26	62,73	1,02	0,77	27,40	16,30	18,82	18,26
Carré de veau...	73,56	70,47	1,15	0,86	21,32	17,50	19,94	19,34
Gigot de mouton.....	81,57	62,87	1,01	0,76	20,22	13,49	17,13	16,62
Jambon de porc sans os....	95,72	50,10	6,00	4,50	19,40	11,40	15,40	14,94
Brochet.....	55,44	79,91	1,05	0,79	20,58	14,83	18,50	17,95
Lait de vache (100 gr.).....	100	87,33	0,71	0,53	5,79	1,84	3,38	3,28
Œufs de poule.....	87,82	72,17	1,06	0,80	17,40	11,40	14,37	13,94

MATIÈRES GRASSES.				HYDROCARBONÉS.								OBSERVATIONS.	
Ingérées p. 100.				Ingérés p. 100.									
Maxima.	Minima.	Moyenne p. 100.	Utilisables digérées moyenne p. 100.	Maxima.	Minima.	Moyenne.	Utilisables digérés moyenne p 100.	Calories totales utilisables par 100 gr.	Nombre d'unités nutritives organiques utilisables par 100 gr.	Relation des unités nutritives utilisables.	Cellulose ingérée p. 100.	Sucre ingéré p. 100.	
3,80	0,10	1,06	0,95	76,85	37,78	54,32	52,69	255,50	62,30	1/7,38	0,40	»	
2,40	1,20	1,80	1,62	50,70	43,50	47,10	45,69	222,54	54,26	1/10,16	»	»	
3,80	0,34	1,52	1,37	59,10	37,20	51,36	49,82	250,98	61,19	1/6,43	0,45	»	
0,25	0,19	0,24	0,22	77,00	60,26	60,21	58,40	269,14	65,62	1/8,76	0,34	»	
»	»	0,51	0,46	»	»	54,75	53,11	251,51	61,32	1/7,56	0,96	»	
0,90	0,29	0,78	0,70	78,40	67,20	74,58	72,34	349,19	85,13	1/6,71	0,29	»	
»	»	»	»	»	»	99,90	96,90	397,29	96,90	»	»	99,75	
0,61	0,08	0,28	0,25	10,30	3,40	5,95	5,77	32,74	7,98	1/3,87	1,24	»	
0,40	0,09	0,21	0,19	12,60	4,92	7,42	7,20	40,55	9,89	1/3,39	1,42	»	
3,10	0,55	1,54	1,39	70,10	50,60	61,54	59,69	334,58	81,54	1/3,37	3,86	»	
1,40	0,06	0,29	0,26	21,30	8,80	14,61	14,17	61,64	15,04	1/54,70	1,20	9,43	
33,80	1,10	17,43	16,56	»	»	»	»	236,00	57,46	1/1,94	»	»	
31,50	2,28	8,44	8,02	»	»	»	»	160,49	39,06	1/0,89	»	»	
32,75	6,53	18,99	18,04	»	»	»	»	242,71	59,09	1/2,32	»	»	
38,90	17,30	28,50	27,08	»	»	»	»	320,29	78,00	1/3,88	»	»	
0,80	0,15	0,54	0,51	»	»	»	»	83,77	20,38	1/0,06	»	»	
9,88	1,37	3,66	3,48	5,68	3,23	4,92	4,82	66,90	16,30	1/3,64	»	»	
15,10	8,60	12,40	11,78	»	»	»	»	171,41	41,90	1/1,81	»	»	

BIBLIOGRAPHIE

J. Alquier, *Les Aliments de l'Homme* (Revue de la Société scientifique d'hygiène alimentaire et de l'alimentation rationnelle de 'homme, 3e année, t. III, nº 1, 1906).

M. Arpin, *Farines, Fécules et Amidons.*

A. Balland, *Les Aliments.*

J. Baumgartner, *Manuel du constructeur de Moulins et du Meunier.*

H. Benoit, *Guide du Meunier.*

J. Bertrand, *Traité pratique de la Meulerie à l'usage de la Meunerie.*

Boutroux, *Le Pain et la Panification.*

H. Chryssochoidès, *Nouveau Manuel complet du Meunier, du négociant en grains et du constructeur de moulins* (Encyclopédie Roret).

Fontenelle et Malepeyre, *Nouveau Manuel complet du Boulanger* (Encyclopédie Roret).

E. Fleurent, *Le Pain de froment.*

E. Fleurent, *Sur la composition des blés durs et sur la constitution physique de leur gluten* (Comptes rendus de l'Académie des sciences, 2 décembre 1901).

Aimé Girard, *Composition chimique et valeur alimentaire des diverses parties du grain de froment* (Annales de Physique et Chimie, 6e série, t. III, 1884).

Garola, *Les Céréales.*

Aimé Girard et Fleurent, *Recherches sur la composition des blés tendres français et étrangers* (Bulletin du Ministère de l'Agriculture, nº 6, 1899).

P. Héroin, *Enquête sur le pétrissage mécanique* (Rapport au Congrès national de la Boulangerie française de 1910).

E. Kayser, *Microbiologie agricole.*

E. Kayser et J. Radoux, *Contribution à l'étude des levures de boulangerie* (Comptes rendus du 7e Congrès international de Chimie appliquée, Section VI, A, p. 78).

Dr Th. Kossutany, *Recherches chimiques sur les produits de la Minoterie hongroise en 1911.*

Dr Laveran, *Rapport, au Conseil d'hygiène, sur quelques questions*

intéressant l'hygiène de la Boulangerie, et en particulier sur les avantages du pétrissage mécanique (26 novembre 1909).

L. LINDET, *Le froment et sa monture.*

L. LINDET, *Les Origines du Moulin à grains* (Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, août 1900).

L. LINDET, *Transformation du pain tendre en pain rassis* (Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 1902, t. CXXXIV, p. 908).

L. LINDET, *Sur le rôle de la levure en boulangerie* (Annales de la Brasserie et de la Distillerie, 10 avril 1910, p. 156).

L. LINDET, *Etudes sur quelques pains anciens* (Bulletin de la Société chimique de Paris, 3e série, t. XXIX, p. 1139, 1913).

L. LINDET et L. AMMANN, *Influence des éléments de la farine bise sur la formation du gluten et sur la panification* (Annales de l'Institut national agronomique, 2e série, t. IV).

SÉRAND, *Le Pain.*

CH. TOUAILLON, *Meunerie, Boulangerie.*

A. VILLIERS, E. COLLIN, M. FAYOLLE, *Traité des falsifications et altérations des substances alimentaires.*

Syndicat Patronal de la Boulangerie de Paris :

1° Rapport sur le blanchiment des farines (1905) ;

2° Comptes rendus des expériences comparatives de pétrissage mécanique et de pétrissage à bras (1908-1909) ;

3° Comptes rendus des expériences faites sur le chauffage des fours de boulangerie (1912).

La Meunerie française (1904) ; blanchiment des farines.

Statistique agricole annuelle.

BIBLIOTHÈQUE NATIONALE R.F. IMPRIMÉS

TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES

A

Acidité (Farine), 279, 297.
— (Dans le pain), 466.
Admissions temporaires, 8, 271.
Aerated bread, 415.
Aimant, 182.
Alcool produit pendant la fermentation panaire, 387.
Aleuromètre, 300.
Altérations de la farine, 301.
— du pain, 473.
Alucite, 10.
Amidon (Dosage dans la farine), 287.
— (Rôle pendant la fermentation panaire), 390.
Appareil Cayron, 448.
— « Le Cryptos », 452.
— Meker, 452.
— le Rapide (Système Oudeville), 449.
Arcade, 429.
Archure, 124.
Aspirateur-séparateur, 72.
Autel, 429.

B

Bacille de M. Popoff, 382.
— trouvés dans la farine par M. Boutroux, 383.
Bacillus acidificans longissimus, 183.
— D. E., de Peters, 382.
— *glutinis*, 382.
— *lactis acidi*, 382.
— *levans* mobile, 382.
— *mesenterius vulgatus*, 382.
— *panificans*, 382.
— *panis fermentati*, 383.
Bactérie trouvée dans la farine par M. Boutroux, 383.
Bacterium A. B. C., de Peters, 382.
Bannetons, 410.
Bascule automatique, 27.
Bassinage, 338.
Bâtards, 247.
Batteur de sacs, 234.
Bibliographie, 484.
Blé (Amande du grain de), 37.
— (Analyse du), 53.
Blés (Composition des), 52.
— durs, 61.
— (Enveloppe du grain de), 33.
— (Farine de), 310.
— (Germe du grain de), 36.
— (Importation du), 7.
— (Production du) en France, 5.
— (Production mondiale du), 3.
— (Proportion des différentes parties du grain de), 32.
— tendres, 57.
— (Valeur alimentaire des différentes parties du grain de), 41.
— (Variétés de), 9.
Boitard, 116.
Bouchoir, 426.
Boulange, 157.
Boulangerie (Historique), 327.
Bluteau de laine, 157.
Bluterie aéropneumatique de Rose, 176.
— Bunge, 172.
— centrifuge, 208.
— Haggenmacher, 169.
— hexagonale, 160.
— plane rectangulaire, 165.
— pour pétrin, 333.
— ronde, 212.
Braise, 430.
Brosses à blé, 93.
— à sons, 178.
— coniques, 94.
— cylindriques à axe vertical, 94.
— horizontales, 96.
— Lafon, 181.
— Richemond, 179.
— Rose, 180.

Brosse Teisset, Chapron et Brault, 180.
— verticales à plateaux, 94.
— vis, 96.
Broyage du grain, 109.
— par cylindres, 129.
Broyeur Brault, Teisset et Gillet, 143.
— Bülher, 147.
— Daverio, 147.
— Hignette, 150.
— Luther, 148.
— Record, 155.
— Robinson, 139.
— Seck, 148.
— Toufflin, 153.
Buée (Appareils à), 429.
— (Appareil Lanchon), 429.
— (Appareil Loriot), 429.
— (Appareil Mousseau), 429.
Buse (Système Hadancourt), 435.

C

Cadelle, 11.
Calibreurs, 84.
Cannelures, 133.
— Frank Beall, 134.
Cellulose (Dans les farines), 288.
Cendres (Dans les farines), 298.
— (Dans le pain), 466.
Céréaline, 48.
Chambres à poussières, 215.
Charançon, 10.
Chauffage des fours, 430.
Chef, 392.
Claqueurs, 183.
Collecteur à aspiration, 218.
— à flanelle, 246.
— à tuyaux multiples, 222.
— Cyclone, 216.
— « Perfection », 220.
— Weyermann, 170.
Colonne épointeuse à axe vertical, 90.
— épointeuse de Richmond, 92.
Combustibles de boulangerie, 421.
Conglutine, 40, 62.
Contre-frasage, 339.
Convertissage, 197.
Convertisseur Daverio, 200.
— Ganz, 199.
— Martin et Philippot, 205.
— Wegmann, 200.
Couches à pains, 412.
Coupe-pâte, 338.
Criblage (Machines de), 66.
Croûte du pain, 461.
Croûte (Proportion), 465.
Cuisson du pain, 420, 461.
— (Durée), 463.
Cylindres de broyage, 113.
— (Dimensions des), 132.
— (Fonte des), 131.
— (Métal pour), 130.
— (Mode d'action des), 140.

D

Débrayage automatique, 148.
Débris, 289.
Défournement du pain, 463.
Dégommage (Bluteries planes), 170.
Dégruautage, 306.
Délayage de la farine, 337.
— du levain, 337.
Désagrégeurs, 183.
Détacheur, 212.
Diagramme, 240.
Division des semoules, 182.

E

Eau (Dans le pain), 466.
— (Pour le pétrissage), 335.
Échantillonnage de la farine, 276.
Écouvillon, 431.
Élévateurs, 19.
Élimineur d'ail, 83.
Émotteur, 67.
— cribleur rotatif, 67.
Enfournement du pain, 457.
Ensacheur, 231.
Ensachoir automatique, 232.
Entourage, 116.
Entrée (Des fours), 426.
— (Des meules), 117.
Ephestia Kuehniella, 301.
Épierreur Josse, 80.
Épurateur à semoules, 175.
Ergot, 303.
Escargot trieur, 80.
Essais mécaniques des pétrins, 372.
Essoreuse à blé, 104.
Étouffoir, 430.
Étuve Touaillon, 324.
Éveillure, 116.
Expériences du Syndicat de la boulangerie de Paris, sur le pétrissage mécanique et sur le pétrissage à bras, 369.
Exportations du blé, 8.
Extraction, 164.

F

Fabrication du pain (Généralités), 329.
Falsifications des farines, 305.
— du pain, 468.
Farine, 159, 276.
— (Acidité des), 279, 297.
— (Addition de matières minérales à la), 306.
— hongroises, 270.
— noire, 130.
— (Blanchiment des), 319.
— (Composition des), 294.
— (Conservation), 322.
— de meules et farine de cylindres, 265.
— étrangères (En mélange avec la farine de blé), 308.
— (Exportation des), 266.
— (Falsifications), 305.
— (Humidité des), 277, 294.
— (Importation des), 266.
— manipulées, 305.
— (Matières azotées de la), 287.
— (Matières grasses de la), 278, 295.
— (Matières minérales de la), 278.
— (Matière fermentescible de la), 387.
— (Phosphore), 278.
— (Sucres et dextrines), 288.
Fausse-teigne, 11.
Fécule de pommes de terre, 318.
Fendeurs, 149.
Fer à moulin, 121.
Fermentation panaire, 377.
— panaire (Agents de la), 380.
— panaire (Historique), 377.
— panaire (Pratique de la), 408.
Féveroles (Farine de), 317.
Finots, 159.
Fleurages, 459.
Force motrice pour meules, 128.
Four à deux étages (Système Ressort), 442.
— à foyer mobile (Système Mousseau), 438.
— à pain dans l'antiquité, 423.
— à sole tournante, 443.
— au bois Mousseau, 431.
— continus, 448.
— de boulangerie, 423.
— de boulangerie (Aérothermes), 442.
— de boulangerie (Chauffage au gaz), 448.
— de boulangerie (Chauffage continu à la vapeur), 445.
Four de boulangerie (Chauffage direct), 423.
— de boulangerie (Chauffage indirect), 434.
— de boulangerie (Différents types), 422.
— de boulangerie (Foyer permanent), 441.
— de boulangerie (Frais de chauffage), 453.
— Baudu, 434.
— Biabaud, 435.
— l'Idéal, 436.
— Lespinasse, 432.
— Lamoureux, 441.
— Rolland, 443.
— de la Société française des Fours économiques, 445.
— Werner et Pfeiderer, 446.
Frasage, 338.

G

Gaz produits pendant la fermentation panaire, 387.
Geindre, 334.
Gliadine, 40, 62, 286.
Glissières, 21.
Gluten, 298.
— (Dosage), 280.
— (Procédé Manget), 300.
— (Modifications pendant la fermentation panaire), 389.
— (Pain de) 326.
Gluténine, 40, 62.
Graines adventices, 304.
Granulateur Rose, 151.
Gruaux, 159.

I

Issues (Analyse des), 273.
— (Composition des), 274.

L

Lavage des blés, 99
Laveuses à blé, 100.
Levain, 391.
— (Altérations des), 402.
— (Appareil Arnal à), 396.
— (Appareil Belloir et Berry à), 394.
— (Appareil Christofleau à), 395.
— (Appareil Dathis à), 395.
— (Appareil Wick à), 393.
— chef, 392.

Levain (Conservation des), 404.
— de première, 392.
— de seconde, 392.
— de tout point, 392.
— de troisième, 392.
Levures de boulangerie, 398.
— (Dosage dans la pâte), 401.

M

Machines à batteurs, 88.
— à canneler, 134.
Maïs (Farine de), 316.
Manteaux de colonnes épointeuses, 89.
Mélange manuel, 226.
Mélangeuse Hartmann, 231.
— à plateaux, 226.
— à rouleaux, 228.
Meules, 112.
— blutante Aubin, 150.
— (Commande des), 124.
— courante, 114, 123.
— (Distributeur pour), 124.
— dormante, 114, 120.
— (Fabrication des), 115.
— métalliques blutantes, 151.
— (Mode d'action des), 125.
— (Pierres à), 114.
— (Rayonnage des), 111, 117.
— (Rhabillage des), 128.
— Schweizer, 151.
Mie du pain, 461.
— (Proportion), 465.
Moisissures de la farine, 302.
— de la farine (Recherche), 303.
Monte-charges, 18.
Mouillage du blé, 97.
Mouilleur de Rose, 98.
Moulin automatique, 241.
— à cylindres (Alimentation du), 139.
— à cylindres (Bâti du), 136.
— à cylindres (Commande du), 138.
— à cylindres (Débit des), 148.
— à cylindres (Graissage), 138.
— à cylindres (Paliers du), 137.
— à cylindres (Réglage du), 143.
— à cylindres (Ventilation du), 149.
— à cylindres (Vitesse des), 138.
— romain, 110.
Mouture à blanc, 237.
— abrégée, 263.
— à la grosse, 236.
— Américaine, 239.
— basse, 241.
— d'un trait, 235.
Mouture économique, 237.
— (Force nécessaire pour la), 264.
— Lyonnaise, 238.
— méridionale, 236.
— mixte, 263.
— réitérée, 235.
— ronde, 249.
— rustique, 236.
— Saxonne, 238.
— septentrionale, 236.

N

Nettoyage du blé (Principes du), 64.
Nettoyeur Hignette, 86.
Numération des débris, 291.

O

Œillard, 116.
Ouras, 428.

P

Pain, 326.
— (Altérations du), 473.
— (Caractères d'un bon), 465.
— (Composition), 466.
— (Composition comparée à celle des différents aliments), 480.
— de Pompéï, 327.
— (Digestibilité des différents), 479.
— égyptiens, 328.
— (Examen microscopique, 467.
— (Falsifications), 468.
— (Falsifications : eau), 468.
— (Falsifications : matières minérales), 468.
— filant, 473.
— rassis, 470.
— sur levure et pains sur levain, 397.
— (Valeur alimentaire du), 475.
— (Valeur énergétique du), 477.
Panification (Procédé Dauglish), 415.
— (Procédé Horsford), 415.
— (Procédé Liebig), 413.
— (Procédé Pusher), 414.
Pâtes (différentes sortes de), 336.
Patonnage, 339.
Pelles à pain, 457.
— de charge, 430.
Pétrin Alexandre, 357.
— Artofex (Œschbach), 368.
— J. Blot, 366.
— Bouring, 352.
— Bugaud, 360.
— Bureau-Lotz, 359.
— Christofleau, 356.

Pétrin de bois, 329.
— Deliry, 362.
— Dessaint, 361.
— Dudebout, 356.
— Fraikin, 358.
— Geoffrin, 354.
— Hainaut, 355.
— Küstner, 366.
— Lamoureux, Mansiot et fils, 359.
— E. Lidon, 366.
— Lips, 368.
— mécaniques, 350.
— Mérand et Chrétin, 353.
— métallique, 331.
— Mousseau, 353.
— Noguès, 354.
— Paulet, 362.
— Paviot, 353.
— Peter Küpper, 367.
— Pneumator, 364.
— Pollet, 362.
— Roger, 369.
— Roland, 356.
— Werner et Pfeiderer, 364.
Pétrissage à bras (Inconvénients du), 340.
— (Durée), 339.
— manuel, 329.
— mécanique, 346.
— mécanique (Historique), 346.
— sur levain, 393.
— sur levure, 397, 407.
Pétrisseuse Deliry, 364.
Plansichter, 165.
— circulaire, 172.
— Lafon, 172.
Pointage, 339.
Pouliche, 397.
Procédé Pekar, 289.
Pulsateur, 214.

R

Ramonerie, 84.
Râpe de Kapler, 85.
Râteau à farine, 224.
— mélangeur, 227.
Refus, 164.
Remoulages, 247.
Rendement des farines en pain, 474.
Ressuage, 464.
Rhabillures, 119.
Riz (Farine de), 313.
Rôle des microorganismes pendant la fermentation panaire, 383.
Rouable, 430.

S

Saccharomyces cerevisiæ, 381.
— de M. Boutroux, 381.
— Minor, 380.
— *mycoderme*, 380.
Sassage, 183.
Sasseur Buhler, 190.
— Haggenmacher, 187.
— Luther, 185.
— Maurel, 189.
— Réforme, 190.
— Robinson, 195.
— Rose, 190.
— Schnetzer, 188.
— Seck, 193.
— Stein, 188.
Séchage des semoules, 182.
Sécheuse à blé, 106.
Seigle (Farine de), 312.
Sel (Pour la pâte), 337.
Semoules, 159.
Séparateur - aspirateur cyclo-pneumatique, 175.
— de graines rondes, 79.
Silos à blé, 12.
Soies de bluteries, 158.
Sole, 426.
Sonnette d'alarme, 148.
Soufflage, 338.
Structure du grain de blé, 29.
Syndicat du commerce des farines fleurs de Paris, 267.

T

Tarare à aspiration multiple, 71.
— américain, 70.
Tare des pains, 409.
Tenebrio Molitor, 302.
Thermo-aspirateur de Perrigault, 244.
Toilette, 429.
Tour, 330.
Tournage des cylindres, 132.
— des pains, 409.
Transporteurs à secousses, 26.
— horizontal à bande sans fin, 22.
Travail sur levain, 391.
Treuils, 15.
Trieurs à alvéoles, 74.
Tue-teignes, 12.
Tyroglyphus farinæ, 302.

V

Ventilateur, 69.
Ventilation, 126.
Vis d'Archimède, 23.
Voûte, 426.

BIBLIOTHÈQUE NATIONALE R.F. IMPRIMÉS

BIBLIOTHÈQUE NATIONALE
IMPRIMÉS

TABLE MÉTHODIQUE DES MATIÈRES

Pages.

CHAPITRE PREMIER.

Introduction. Statistiques. Variétés de blés. Altérations et conservation du blé. Transport des blés et des produits de la mouture..... 1

CHAPITRE DEUXIÈME.

Structure du grain de blé. Composition et valeur alimentaire. Composition des blés..... 29

CHAPITRE TROISIÈME.

Nettoyage du blé..... 64

CHAPITRE QUATRIÈME.

Le broyage du grain..... 109

CHAPITRE CINQUIÈME.

Les bluteries à boulange..... 157

CHAPITRE SIXIÈME.

Travail des semoules et des gruaux..... 182

CHAPITRE SEPTIÈME.

Appareils divers... 215

CHAPITRE HUITIÈME.

Différents procédés de mouture. Rendements. Comparaison de la mouture par meules et de la mouture par cylindres. Commerce des farines. Composition des issues..... 235

CHAPITRE NEUVIÈME.

Analyse des farines. Altérations et falsifications. Blanchiment. Conservation..... 276

Pages.

CHAPITRE DIXIÈME.

Le pain. Préparation de la pâte par le pétrissage à bras et par le pétrissage mécanique..... 326

CHAPITRE ONZIÈME.

Fermentation panaire. Agents de cette fermentation. La matière fermentescible et les produits de la fermentation. Pratique de la fermentation. Tournage des pains. Procédés de la panification chimique..... 377

CHAPITRE DOUZIÈME.

La cuisson du pain. Fours chauffés au bois, au charbon, au gaz d'éclairage. Enfournement du pain. Fleurages. Cuisson. Défournement..... 420

CHAPITRE TREIZIÈME.

Le Pain. Analyses. Falsifications. Modifications au cours de la conservation. Altérations et maladies. Rendement de la farine en pain. Valeur alimentaire du pain..... 465

7079-14. — Corbeil. Imp. CRÉTÉ.

Librairie J.-B. BAILLIÈRE et FILS, 19, rue Hautefeuille, Paris

LA VIE AGRICOLE
ET RURALE
Revue hebdomadaire illustrée

Paraissant tous les Samedis par numéros de 36 à 52 pages, in-4

COMITÉ DE DIRECTION :

VIGER
Ancien Ministre de l'agriculture. Sénateur du Loiret.

TISSERAND
Membre de l'Institut, Directeur honoraire de l'agriculture.

CARNOT
Membre de l'Institut, Prof. honor. à l'Inst. nat. agron.

MUNTZ
Membre de l'Institut. Professeur à l'Inst. nat. agron.

FERNAND DAVID
Ancien Ministre de l'Agriculture.

MIR
M. du Cons. sup. de l'agriculture Sénateur de l'Aude.

DABAT
Directeur général des Eaux et Forêts.

DECKER-DAVID
M. du Cons. sup. de l'agriculture Sénateur du Gers.

REGNARD
Directeur de l'Institut national agronomique.

DE LAPPARENT
Inspecteur général de l'agriculture.

GROSJEAN
Inspecteur général de l'agriculture.

COMON
Inspecteur général de l'agriculture.

COUANON
Inspecteur général de la viticulture.

FERROUILLAT
Directeur de l'Éc. natle d'agric. de Montpellier.

SEGUIN
Directeur de l'Éc. natle d'agriculture de Rennes.

TROUARD RIOLLE
Directeur de l'Éc. natle d'agric. de Grignon.

SECRÉTAIRES DE LA RÉDACTION :

DIFFLOTH
Ingénieur agronome, Professeur spécial d'agriculture.

GUÉNAUX
Chef de travaux à l'Institut national agronomique.

Abonnement annuel : France, 12 fr., Étranger, 15 fr.

Le premier numéro de chaque mois est consacré à une branche spéciale de l'agriculture.

Le troisième numéro de chaque mois est consacré à l'étude d'une grande région agricole.

ORDRE DE PUBLICATION DES NUMÉROS SPÉCIAUX

(Prix de chaque : 35 cent. franco).

1er NUMÉRO DU MOIS		3e NUMÉRO DU MOIS	
Janv	Laiterie.	**Janv**	Algérie, Tunisie, Corse.
Févr	Engrais.	**Févr**	Bordelais, Charente.
Mars	Horticulture.	**Mars**	Normandie.
Avril	Machines agricoles. Génie rural.	**Avril**	Languedoc, Hérault.
Mai	Aviculture, Apiculture.	**Mai**	Nord et Belgique.
Juin	Viticulture.	**Juin**	Vosges, Lorraine, Champagne.
Juil	Cheval.	**Juill**	Bretagne et Vendée.
Août	Sylviculture, Pisciculture, Chasse.	**Août**	Franche-Comté, Lyonnais, Suisse.
Sept	Œnologie. Industries agricoles.	**Sept**	Pyrénées, Landes, Gascogne.
Oct	Hygiène et alimentation du bétail.	**Octob**	Bourgogne, Auvergne, Centre.
Nov	Animaux et Plantes nuisibles.	**Nov**	Touraine et Anjou.
Déc	Constructions rurales.	**Déc**	Provence, Dauphiné. Savoie.

L'ABONNEMENT EST REMBOURSÉ 9 FOIS. **80 Primes à choisir**

LA VIE AGRICOLE
ET RURALE

Jamais le besoin ne s'est fait autant sentir, pour l'agriculteur, d'être renseigné sur l'admirable mouvement de rénovation qui caractérise notre époque ; chaque jour, l'alliance féconde de la science et de la pratique fait réaliser à l'Agriculture un progrès nouveau ; chaque jour, une connaissance acquise, un problème élucidé viennent donner au cultivateur les moyens de réduire la part, si considérable, de ses aléas professionnels. Absorbé par des préoccupations multiples, le praticien n'a malheureusement pas le loisir de parcourir les revues diverses d'où il pourrait extraire le bénéfice des progrès réalisés. Et il nous a paru qu'il y avait place pour un journal agricole, dont le but serait précisément de mettre l'agriculteur en rapport intime avec l'évolution actuelle des esprits, un journal documenté, averti de tout ce qui touche aux multiples manifestations de l'activité agricole, un journal dont la collaboration choisie autant que variée bannirait toute uniformité et assurerait l'attrait, un journal d'actualité, traduisant fidèlement la vie ardente, réfléchie et laborieuse de notre Agriculture.

La *Vie Agricole* a mis tout en œuvre pour intéresser les lecteurs. Elle réalisera un équilibre heureux, entre le texte, chroniques et articles, et l'illustration, se tenant à distance des deux extrêmes, dont l'un consiste à donner à l'illustration une importance excessive, qui nuit au développement des questions traitées, et dont l'autre laisse des articles érudits sans le secours du dessin ou de la photographie, empêchant ainsi le texte de prendre toute sa valeur et une plus facile compréhension.

Le monde agricole a accueilli avec plaisir un journal donnant une impression réelle de force et d'activité, suivant pas à pas la marche de notre Agriculture vers le progrès, et sans cesse préoccupé d'être pour ses lecteurs « l'utile et l'agréable ». Au surplus, ces lecteurs nous les connaissons bien : ce sont ces agriculteurs avisés, soucieux de toute amélioration, ces éleveurs possédant en juste partage la pratique et la théorie, qui, groupés autour de l'*Encyclopédie Agricole* des ingénieurs agronomes, en ont assuré le succès et ont permis la diffusion par la France et par le monde, à raison de plus de 400 000 volumes, de cette œuvre considérable, véritable bilan de l'agriculture scientifique française au début du XXe siècle. Dans la *Vie Agricole*, ils retrouveront, sous une forme plus actuelle et plus vivante encore, les qualités qui impriment à cette belle collection son cachet particulier ; ils y retrouveront cette pléiade de collaborateurs distingués, praticiens ou professeurs, qui les tiendront chaque semaine, au courant de tous les progrès, de toutes les découvertes, de toutes les tentatives susceptibles de les intéresser.

Librairie J.-B. BAILLIÈRE et FILS, 19, rue Hautefeuille, Paris

COLLECTION DE
MONOGRAPHIES AGRICOLES
de « LA VIE AGRICOLE ET RURALE »
à 30 centimes

Chacun de ces numéros spéciaux de la *Vie Agricole* forme **52 pages in-4 à 2 colonnes**, illustrées de nombreuses gravures, et est dû à la collaboration des professeurs d'agriculture et des écrivains agricoles les plus réputés.

Chaque monographie: **30 centimes franco**

1re Série : MONOGRAPHIES PAR MATIÈRES

Il paraît une monographie par mois.
On peut s'abonner aux 12 monographies de l'année en envoyant 3 fr. 75

LAITERIE (1912)

L'industrie laitière en 1912. — Les syndicats d'élevage. — La traite mécanique. — Purification du lait par les écrémeuses. — Les industries du lait. — Les laiteries coopératives. — Comment on fraude le lait. — **30 c.**

LAITERIE (1913)

L'industrie laitière en 1913. — Les tourteaux dans l'alimentation des vaches laitières. — La récolte du lait. — Le lait en poudre. — La production du beurre en Normandie. — La pasteurisation dans l'industrie beurrière. — Les beurres anormaux. — **30 c.**

ENGRAIS (1912)

Les engrais en 1912. — L'utilité agricole des eaux d'égouts. — L'emploi des engrais minéraux. — Les pertes nitriques et l'emploi des nitrates. — La cyanamide. — Les engrais catalytiques. — Le sang desséché. — La fumure des jardins. — Le fumier de ferme. — **30 c.**

ENGRAIS (février 1913)

Les engrais en 1913. — Les engrais radioactifs. — Les engrais catalytiques. — L'action fertilisante du soufre. — Les idées actuelles sur le rôle de la magnésie. — Les engrais en viticulture. — Les engrais chimiques dans la culture maraîchère. — Les engrais chimiques ont-ils une influence sur la qualité des légumes? — Les nouveaux engrais azotés. — La potasse. — Comment accroître sa production. — La consommation du nitrate de soude. — **30 c.**

ENGRAIS (novembre 1913)

Revue des questions à l'ordre du jour. — Les terres argileuses. — Valeur comme engrais des résidus industriels. — Les engrais de poisson. — Le nitrate de soude dans le bassin méditerranéen. — Les engrais potassiques en Bretagne. — La fertilisation des vignes. — Les engrais de culture potagère. — La radioactivité en agriculture. — **30 c.**

HORTICULTURE (1912)

L'horticulture en 1912. — Un bon fruit de chaque sorte. — Les plantes pittoresques rustiques sur les pelouses. — Greffes de printemps. — Taille des arbustes d'ornement. — La culture des pois dans le Midi. — L'artichaut violet de primeur. — Les nouveaux dahlias à fleurs originales. — L'emballage des fruits et des légumes. — Les écoles d'horticulture pour femmes. — **30 c.**

MONOGRAPHIES AGRICOLES A 30 c.

HORTICULTURE (1913)

30 c. L'horticulture en 1913. — Culture du melon. — Les choux-fleurs d'hiver en Provence. — Production de l'endive. — Culture maraîchère de l'oignon. — La culture fruitière en Tunisie. — Les fraisiers à gros fruits. — L'horticulture d'agrément en Corse.

AVICULTURE et APICULTURE (1912)

30 c. L'aviculture en 1912. — La poule de ferme. — Altération et conservation des œufs. — L'emballage des produits de la basse-cour. — Construction économique d'une éleveuse pour jeunes poulets. — L'élevage du pigeon-voyageur. — L'aviculture dans les divers pays d'Europe. — L'apiculture en 1912.

AVICULTURE, APICULTURE (1913)

30 c. L'organisation méthodique de la basse-cour. — La volaille de Bresse. — La race geline de Touraine. — L'aviculture en Tunisie. — La vente des dindons à Londres. — Le lapin argenté de Champagne. — Comment nourrir les volailles. — Les broyeurs d'os dans l'alimentation de la basse-cour. — Le vin est-il un stimulant de la ponte? — L'apiculture en 1913. — Consommation d'une colonie d'abeilles.

MACHINES AGRICOLES (1912)

30 c. Les nouvelles machines pour la culture des terres. — L'épandage des engrais et des semences. — La récolte des fourrages, des tubercules et des racines. — Les presses à fourrages et les botteleuses. — Le matériel pour l'industrie laitière. — Nouvelles machines à traite. — Nouveau matérie de viticulture et vinification.

MACHINES AGRICOLES (1913)

30 c. La culture mécanique. — Distributeurs d'engrais. Semoirs et plantoirs — Machines d'entretien du vignoble en particulier. — Machines de récolte. — Machines à battre. — Machines pour la préparation des récoltes — Moteurs à vapeur et à explosions. — Moteurs hydrauliques et aériens. — Fouloirs, égrappoirs et pressoirs. — Le matériel de laiterie. — Pompes à eau et à vin.

VITICULTURE (1912)

30 c. Les raisins de table dans le Midi et en Algérie. — La vigne nouvelle. — Le rognage de la vigne. — La lutte contre la Cochylis et l'Eudémis. — Le mildiou de la vigne. — La reconstitution du vignoble dans les terrains calcaires. — La culture de la vigne en Champagne. — Les vins de Touraine. — Les coopératives viticoles.

VITICULTURE (1913)

30 c. La viticulture en 1913. — Les hybrides Oberlin. — Le court-noué. — L'Acariose des vignobles suisses. — La régénération par semis de la vigne — La chenille bourrue des vignes. — Les bouillies mouillantes. — La réfection du vignoble algérien. — Le vignoble angevin.

CHEVAL (1912)

30 c. Le cheval en 1912. — Le Horse-show de Dublin. — Comment développer le commerce des chevaux, — L'exportation de nos chevaux en Allemagne — Le musée du cheval à Saumur. — Le cornage chronique.

CHEVAL (1913)

30 c. L'élevage du cheval en Meurthe-et-Moselle. — L'élevage normand. — La crise du cheval de selle dans les Charentes. — La crise du cheval de selle du Midi. — L'administration des haras. — L'exploitation des poulinières dans les petits domaines. — Les boues radioactives dans la thérapeutique du cheval.

MONOGRAPHIES AGRICOLES A 30 c.

EAUX et FORÊTS (1912)

La sylviculture en 1912. — Les variations des essences forestières. — Les essences de reboisement. — Les accidents du travail en forêt. — Les chenilles nuisibles aux forêts. — L'exploitation de la chasse et les réserves à gibier. — Les méthodes d'exploitation de la chasse allemande. — Les causes du dépeuplement des cours d'eau. — Les poissons d'ornement pour pièces d'eau. — **30 c.**

FORÊTS (1913)

Les problèmes forestiers et le rôle de l'État. — La question forestière en 1913. — L'École forestière de Nancy. — Taillis et futaies. — L'introduction des essences forestières étrangères. — Les essences de reboisement : l'Acacia. — La sylviculture méditerranéenne. — **30 c.**

ŒNOLOGIE (1912)

La sulfitation des moûts et des vendanges. — Comment enrichir les vins en principes phosphorés. — Le vin des hybrides producteurs. — La distillation des vins et des marcs. — La pourriture des raisins mûrs. — Les fraudes des vins. — Les vins de liqueurs du Roussillon. — Les vins mousseux de Saumur. — Les microbes du vin. — **30 c.**

ŒNOLOGIE (1913)

La production des vins de la Gironde. — Préparation des vins de champagne pour l'expédition. — Arbois, son vignoble et ses vins. — Les vins grecs. — Le salage du cidre, du vin et de la bière. — Soins à donner aux vins en cave. — La législation nouvelle concernant les fraudes des eaux-de-vie et spiritueux. — La graisse des cidres. — **30 c.**

HYGIÈNE et ALIMENTATION du BÉTAIL (1912)

Les progrès de l'alimentation rationnelle du bétail. — Les tourteaux de soja et l'alimentation des vaches laitières. — Les tourteaux de lin. — Les avantages de la cuisson des aliments. — Alimentation économique de la basse-cour. — Prophylaxie de la tuberculose bovine. — La lutte contre la tuberculose bovine. — Comment empêcher le dépérissement des animaux de boucherie. — L'alimentation du chien. — **30 c.**

HYGIÈNE et ALIMENTATION du BÉTAIL (1913)

L'assurance mutuelle contre la mortalité du bétail. — Les dangers du « Doping » chez les chevaux de courses. — Le sucre dans l'alimentation du cheval. — Les cossettes de betteraves dans l'alimentation du bétail. — Les fourrages mélassés. — La pomme de terre râpée dans l'alimentation du bétail. — La sélection des animaux et la conformation des mâchoires. — La police sanitaire des animaux en France. — **30 c.**

ANIMAUX NUISIBLES A L'AGRICULTURE (1912)

Les animaux nuisibles à l'agriculture. — La lutte contre les campagnols. — La buse, ses ravages, sa destruction. — L'altise de la vigne. — Le cèphe du poirier et le cèphe des moissons. — La piéride du chou. — Insectes nuisibles aux orangers. — La chenille processionnaire du pin. — **30 c.**

CONSTRUCTIONS RURALES (1912)

Comment construire une ferme de 20 à 25 hectares. — L'installation des moteurs dans la ferme. — Les habitations ouvrières agricoles. — La fosse septique. — Construction d'une glacière ménagère. — L'électricité à la ferme. — Construction d'une serre fixe pour forçage de la vigne. — Construction d'une ruche. — **30 c.**

MUTUALITÉ et COOPÉRATION (1912)

La mutualité et la coopération agricoles. — La petite propriété et le bien de famille. — L'assurance contre les accidents agricoles. — Les prêts aux associations syndicales agricoles. — Les syndicats agricoles. — Les assurances mutuelles agricoles. — L'assurance mutuelle agricole contre l'incendie. — **30 c**

2e Série : MONOGRAPHIES RÉGIONALES

Il paraît une monographie par mois.
On peut s'abonner aux 12 monographies de l'année en envoyant 3 fr. 75

ALGÉRIE et TUNISIE (1912)

30 c. Les associations agricoles en Algérie. — Le Dry Farming. — Production des primeurs dans le Nord de l'Afrique. — La culture de l'olivier en Algérie. — Production de l'abricot sec en Algérie. — Les foins de la Tunisie. — Élevage du cheval en Tunisie. — Élevage de l'autruche en Tunisie. — La viticulture algérienne.

ALGÉRIE et TUNISIE (1913)

30 c. L'École coloniale d'agriculture de Tunis. — L'agriculture en Tunisie. — Le vin dans l'Afrique du Nord. — La culture des céréales en Tunisie. — La question cotonnière en Tunisie. — La culture de l'oranger en Algérie. — La culture et l'exploitation du chêne-liège en Algérie. — La mouton mérinos dans l'Afrique du Nord.

BORDELAIS et CHARENTES (1912)

30 c. La Gironde viticole, agricole et zootechnique. — Notes viticoles. — Les vins de Bordeaux. — Le colmatage et l'utilisation des eaux de la Gironde. — La culture du tabac en Gironde. — La race bovine bordelaise. — La distillation des eaux-de-vie en Charente.

PÉRIGORD et LIMOUSIN (1913)

30 c. L'élevage en Limousin. — Le cheval limousin. — La race bovine limousine. — La production fruitière dans le Lot. — La préparation des pruneaux dans l'Agenais. — La crise du châtaignier. — La culture des salsifis dans le Sud-Ouest. — La culture du tabac dans le Sud-Ouest. — Comment créer des truffières artificielles.

NORMANDIE (1912)

30 c. La ferme normande. — La culture de l'avoine dans la Seine-Inférieure. — Le contrôle laitier en Seine-Inférieure. — La production beurrière dans la Manche. — Le Cotentin et la production chevaline. — L'aviculture en Normandie. — La pomiculture cidrière normande. — Le cidre.

BRETAGNE et VENDÉE (1912)

30 c. Le progrès agricole en Bretagne. — La récolte des pommes de terre en Bretagne. — Le pommier dans l'agriculture bretonne. — La culture des primeurs en Bretagne. — L'exploitation du porc en Bretagne. — Production et commerce des œufs dans l'ouest de la France. — La vache bretonne. — Les marais à poissons de la Vendée.

POITOU et VENDÉE (1913)

30 c. Les brandes poitevines. — La culture du chou fourrager en Vendée. — La race bovine parthenaise. — Les concours beurriers dans l'Ouest. — Les caséineries coopératives en Poitou et en Vendée. — Les races mulassières de la Vendée et du Poitou. — L'industrie mulassière en Poitou. — L'assurance agricole contre l'incendie dans les Deux-Sèvres.

MONOGRAPHIES AGRICOLES A 30 c.

BEAUCE et BRIE (1913)

L'École d'agriculture de Grignon. — Les améliorations agricoles de la Brie. — La culture du blé en Beauce. — Une ferme industrielle modèle en Beauce. — Un élevage de moutons en Beauce. — Les chiens de berger de Beauce et de Brie. — La maladie charbonneuse en Beauce. — Une société coopérative d'électricité à la ferme en Eure-et-Loir. — Un chemin de fer agricole coopératif en Seine-et-Marne. — 30 c.

LANGUEDOC (1912)

L'École nationale d'agriculture de Montpellier. — La cochylis et l'eudémis en Bas-Languedoc. — Le pin d'Alep dans le Midi. — L'oie de Toulouse. — Les races porcines du Languedoc. — La distillerie coopérative dans le Midi. — Les cultures fruitières en Languedoc. — 30 c.

CÉVENNES (1913)

Les pâturages et le bétail sur les Hauts-Plateaux de l'Ardèche. — Le vignoble de l'Ardèche. — Une fromagerie de Roquefort. — L'élevage de la volaille dans le Midi. La poule garonnaise. — L'élevage des vers à soie dans les Cévennes. — Comment exploiter un domaine dans le Gard. — 30 c.

AUVERGNE et MASSIF CENTRAL (1913)

L'évolution de l'économie rurale dans le Puy-de-Dôme. — Le Cantal et ses productions. — Les syndicats d'élevage dans le Puy-de-Dôme. — Les productions fruitières dans le Cantal. — Le braque d'Auvergne. — Le Haras de Pompadour. — Les boisements forestiers de pins sylvestres d'Auvergne dans le Massif Central. — 30 c.

NORD de la FRANCE (1912)

La sélection des betteraves. — La culture du houblon. — La culture du lin. — Les engrais de laine. — Les régions agricoles de la Picardie. — Les hortillonnages d'Amiens. — Les côtières des potagers du Nord. — Les Écoles ménagères du Nord. — 30 c.

NORD de la FRANCE (1913)

L'élevage dans le Nord. — La ferme flamande. — La culture de la betterave à sucre. — Le puceron de la betterave dans le Nord de la France. — Les orges de brasserie. — La culture du lin dans le Nord de la France. — Le cheval boulonnais. — L'élevage du porc dans le Nord. — Le fromage de Maroilles. — 30 c.

CHAMPAGNE (1912)

La Champagne agricole. — Le vignoble de Champagne. — Les plantations résineuses en Champagne. — La culture de l'osier en Champagne. — Le mouton en Champagne. — L'aviculture à la ferme dans le Nord-Est. — La mise en bouteilles des vins en Champagne. — 30 c.

LORRAINE (1913)

La Meuse agricole et zootechnique. — La culture du blé en Meurthe-et-Moselle. — Une ferme modèle dans les Vosges. — Les sapinières des Vosges. — Le reboisement dans les Vosges. — Les vignobles de Meurthe-et-Moselle. — Améliorations agricoles à apporter dans la montagne vosgienne. — Le remembrement de la propriété en Meurthe-et-Moselle. — 30 c.

MONOGRAPHIES AGRICOLES A 30 c.

JURA et BRESSE (1912)

30 c. L'École d'industrie laitière de Mamirolle. — Le Jura forestier. — Le vignoble du Jura. — Les pâturages dans le Doubs. — La race bovine montbéliarde. — Les fruitières de Franche-Comté. — La production du kirsch dans le Doubs. — L'exploitation des étangs de la Dombes.

SAVOIE et DAUPHINÉ (1913)

30 c. L'orientation de la culture en Haute-Savoie vers la production du lait. — L'élevage du bétail en Savoie. — La race du Villard-de-Lans. — La race bovine de l'abondance. — La culture de la Lavande. — Le noyer. La noix de Grenoble et le cerneau du Dauphiné. — Les fruitières coopératives de la Haute-Savoie.

PYRÉNÉES (1912)

30 c. Prairies et pâtures de montagne dans les Pyrénées. — Les cultures potagères et fruitières en Roussillon. — La chèvre dans les Pyrénées. — L'élevage des volailles dans l'Ariège. — Le demi-sang du Midi. — Le chien des Pyrénées.

LANDES, BÉARN, GERS, Hte-GARONNE (1913)

30 c. Les dunes de Gascogne. Boisement et fixation. — Le gemmage du pin maritime. — La culture du sorgho à Calais. — La reconstitution des châtaigneraies. — L'agriculture du Gers. — Culture de la vigne en Béarn. — L'élevage du cheval dans le Gers. — La race bovine froment des Pyrénées.

BOURGOGNE (1912)

30 c. La Bourgogne agricole. — Les vignobles de la Côte-d'Or. — Le vignoble et les vins du Mâconnais. — La culture du cassis en Bourgogne. — L'élevage du cheval de demi-sang en Charolais. — L'apiculture en Bourgogne.

ANJOU et MAINE (1912)

30 c. L'agriculture en Anjou. — La culture du blé en Anjou. — L'amélioration du bétail en Anjou. — Le porc craonnais. — L'installation d'une laiterie coopérative en Anjou. — Le rousselage du chanvre dans la Sarthe.

PROVENCE (1912)

30 c. La Provence agricole. — Le commerce des fleurs coupées d'hiver en Provence. — Culture des cerisiers dans le Var. — L'asperge de primeur dans la basse vallée de la Durance. — Améliorations à apporter aux cultures oléicoles. — La transhumance des moutons. La race d'Arles.

BALKANS (1913)

30 c. L'avenir agricoles de la région des Balkans. — L'agriculture en Roumanie. — L'élevage en Serbie. — L'agriculture en Bulgarie. — La culture du coton en Turquie. — La culture du pavot et le commerce de l'opium en Turquie. — Les races chevalines de la Roumanie. — La culture du prunier en Serbie. — Les laits caillés orientaux.

AMÉRIQUE DU SUD (1913)

30 c. Les conditions naturelles de l'agriculture dans la République Argentine. — La viticulture en Argentine. — L'agriculture dans l'État de Saô-Paulo (Brésil). — L'Industrie pastorale dans l'État de Saô-Paulo (Brésil). — L'élevage en Uruguay. — Le Chili agricole. — L'élevage du bétail au Chili.

BIBLIOTHEQUE NATIONALE DE FRANCE
3 7502 01277121 0