

## Conditions d'utilisation des contenus du Conservatoire numérique

1- [Le Conservatoire numérique](#) communément appelé [le Cnum](#) constitue une base de données, produite par le Conservatoire national des arts et métiers et protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle. La conception graphique du présent site a été réalisée par Eclydre ([www.eclydre.fr](http://www.eclydre.fr)).

2- Les contenus accessibles sur le site du Cnum sont majoritairement des reproductions numériques d'œuvres tombées dans le domaine public, provenant des collections patrimoniales imprimées du Cnam.

Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n° 78-753 du 17 juillet 1978 :

- la réutilisation non commerciale de ces contenus est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur ; la mention de source doit être maintenue ([Cnum - Conservatoire numérique des Arts et Métiers - https://cnum.cnam.fr](https://cnum.cnam.fr))
- la réutilisation commerciale de ces contenus doit faire l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service.

3- Certains documents sont soumis à un régime de réutilisation particulier :

- les reproductions de documents protégés par le droit d'auteur, uniquement consultables dans l'enceinte de la bibliothèque centrale du Cnam. Ces reproductions ne peuvent être réutilisées, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l'autorisation préalable du titulaire des droits.

4- Pour obtenir la reproduction numérique d'un document du Cnum en haute définition, contacter [cnum\(at\)cnam.fr](mailto:cnum(at)cnam.fr)

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

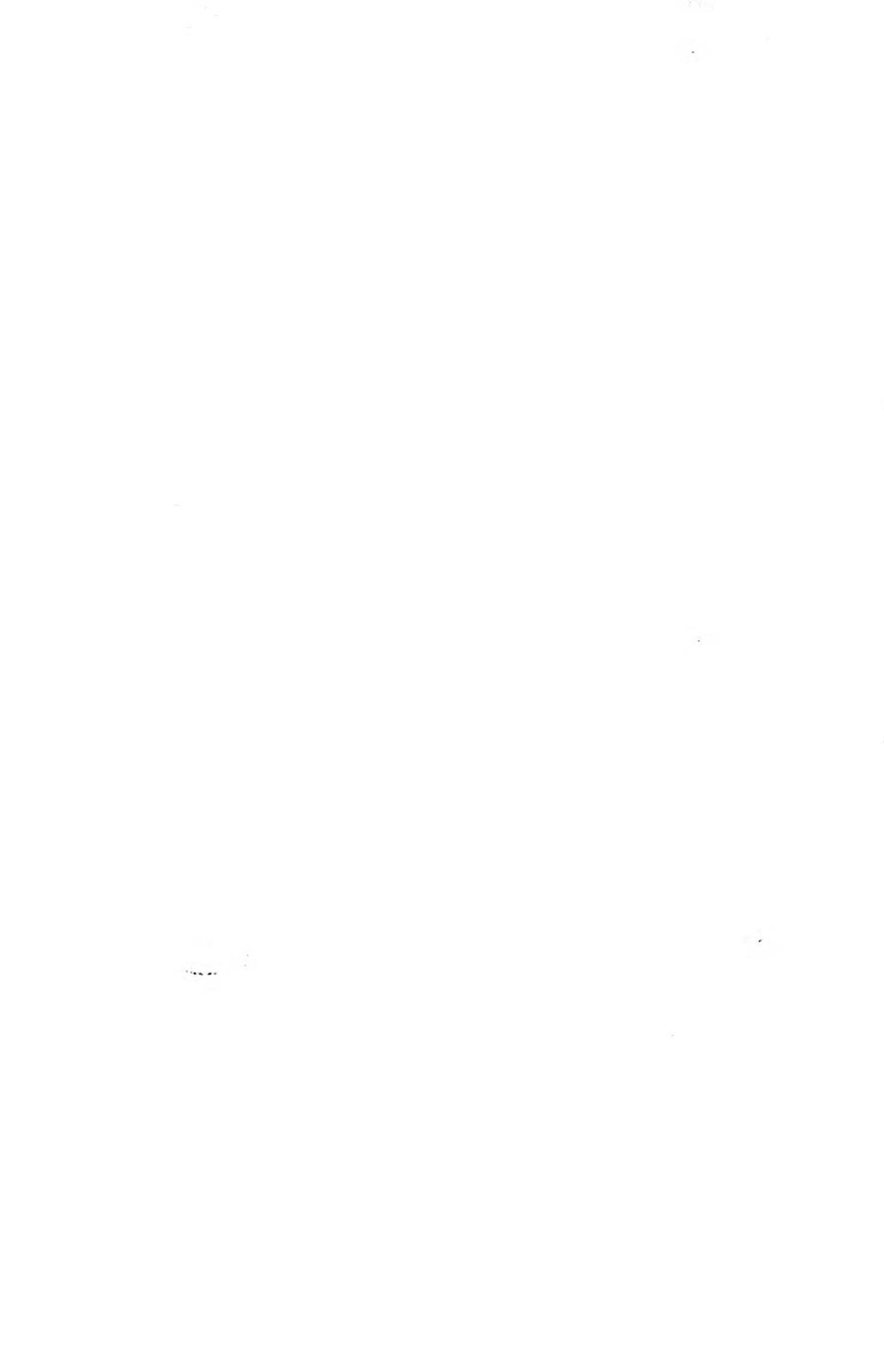
6- Les présentes conditions d'utilisation des contenus du Cnum sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

## NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

<b>NOTICE DE LA REVUE</b>	
<b>Auteur(s) ou collectivité(s)</b>	Revue technique de l'exposition universelle de 1889
<b>Auteur(s)</b>	Revue technique de l'exposition universelle de 1889
<b>Titre</b>	Revue technique de l'exposition universelle de 1889
<b>Adresse</b>	Paris : E. Bernard et Cie, 1893
<b>Collation</b>	16 vol. ; in-8
<b>Nombre de volumes</b>	21
<b>Cote</b>	CNAM-BIB 8 Xae 353
<b>Sujet(s)</b>	Exposition universelle (1889 ; Paris)
<b>Permalien</b>	<a href="https://cnum.cnam.fr/redir?8XAE353">https://cnum.cnam.fr/redir?8XAE353</a>
<b>LISTE DES VOLUMES</b>	
	<a href="#">1. Première partie. L'architecture</a>
	<a href="#">2. Deuxième partie. La construction</a>
	<a href="#">3. Troisième partie. Les travaux publics</a>
	<a href="#">4. Quatrième partie. Mines et métallurgie</a>
	<a href="#">5. Quatrième partie. La minéralogie, la minéralurgie et la géologie</a>
	<a href="#">6. Cinquième partie. Les chemins de fer</a>
<b>VOLUME TÉLÉCHARGÉ</b>	<a href="#">7. Sixième partie. [Tome I] Chaudières à vapeur et machines thermiques</a>
	<a href="#">8. Sixième partie. Tome II. Chaudières à vapeur et machines thermiques</a>
	<a href="#">9. Septième partie. Mécanique générale. Machins outils. Hydraulique générale. Travail du bois. Travail des métaux. Machineries industrielles</a>
	<a href="#">10. Septième partie. Tome II. Les machines outils</a>
	<a href="#">11. Huitième partie. Électricité et applications</a>
	<a href="#">12. neuvième partie. Marine et arts militaires</a>
	<a href="#">13. Dixième partie. Arts industriels</a>
	<a href="#">14. Onzième partie. Industries chimiques</a>
	<a href="#">15. Onzième partie. Tome II. Industries chimiques</a>
	<a href="#">16. Première partie. Comptes-rendus des séances générales. Procès verbaux des séances de section. Listes des membres, etc</a>
	<a href="#">Atlas des 1re, 2e et 3e parties comprenant : Architecture, La construction, Travaux publics</a>
	<a href="#">Atlas des 4e et 5e parties comprenant : Mines et métallurgie, Chemins de fer (Signaux), Chemins de fer (Voie et matériel roulant)</a>
	<a href="#">Atlas de la 6e partie comprenant : Chaudières à vapeur, Machines à vapeur</a>
	<a href="#">Atlas des 7e et 8e parties comprenant : Hydraulique, Machines-outils, Electricité</a>
	<a href="#">Atlas des 9e, 10e, 11e parties comprenant Marine et Arts militaire, Arts industriels, Industries chimiques</a>

<b>NOTICE DU VOLUME TÉLÉCHARGÉ</b>	
<b>Auteur(s) volume</b>	Revue technique de l'exposition universelle de 1889
<b>Titre</b>	Revue technique de l'exposition universelle de 1889
<b>Volume</b>	<a href="#">7. Sixième partie. [Tome I] Chaudières à vapeur et machines thermiques</a>
<b>Adresse</b>	Paris : E. Bernard et Cie, 1893
<b>Collation</b>	1 vol. (552 p.) : ill. en noir et blanc ; 27 cm
<b>Nombre de vues</b>	556
<b>Cote</b>	CNAM-BIB 8 Xae 353 (7)

<b>Sujet(s)</b>	<b>Exposition universelle (1889 ; Paris) Chaudières à vapeur Machines thermiques</b>
<b>Thématique(s)</b>	<b>Expositions universelles</b>
<b>Typologie</b>	<b>Revue</b>
<b>Langue</b>	<b>Français</b>
<b>Date de mise en ligne</b>	<b>15/12/2020</b>
<b>Date de génération du PDF</b>	<b>06/02/2026</b>
<b>Recherche plein texte</b>	<b>Disponible</b>
<b>Notice complète</b>	<a href="https://www.sudoc.fr/106718827">https://www.sudoc.fr/106718827</a>
<b>Permalien</b>	<a href="https://cnum.cnam.fr/redir?8XAE353.7">https://cnum.cnam.fr/redir?8XAE353.7</a>



Y 530

8° Dec 353<sub>6</sub>

REVUE TECHNIQUE  
 DE  
 L'EXPOSITION UNIVERSELLE  
 DE 1889

PAR UN COMITÉ D'INGÉNIEURS, DE PROFESSEURS  
 D'ARCHITECTES ET DE CONSTRUCTEURS

~~~~~

**CH. VIGREUX, FILS** ☉

Ingénieur des Arts et Manufactures  
 Inspecteur du Service mécanique et électrique à l'Exposition Universelle de 1889  
 Secrétaire de la Rédaction

~~~~~

**ORGANE OFFICIEL**  
 DU CONGRÈS INTERNATIONAL DE MÉCANIQUE APPLIQUÉE  
 Tenu à Paris du 16 au 21 Septembre 1889



PARIS  
 E. BERNARD et C<sup>ie</sup>, IMPRIMEURS-ÉDITEURS  
 53<sup>ter</sup>, Quai des Grands-Augustins, 53<sup>ter</sup>  
 1893



SIXIÈME PARTIE

---

CHAUDIÈRES A VAPEUR & MACHINES THERMIQUES .



## SIXIÈME PARTIE

---

# CHAUDIÈRES A VAPEUR

ET

# MACHINES THERMIQUES

---

## MOTEURS A GAZ

PAR

A. WITZ

---

Les moteurs à gaz occupèrent peu de place à l'Exposition de 1878, et le jury ne leur accorda guère plus d'attention que le public : un moteur Otto était exposé par MM. Fétu et Delière, dans la section belge, et par M. Sarrazin, dans la section française; MM. Mignon et Rouart présentaient le moteur de Bisschop; M. Ravel exposait sa machine à centre de gravité variable, et l'on voyait, dans le compartiment anglais, la curieuse machine mixte de MM. L. Simon et fils, de Nottingham. Les journaux et les revues techniques décrivirent brièvement ces moteurs, dans lesquels ils ne voyaient que d'ingénieux et utiles auxiliaires de la petite industrie et des ouvriers en chambre : on ne soupçonnait pas encore le rôle considérable qui est réservé au moteur à gaz.

Et cependant, les inventeurs venaient de sortir de la période d'essais et de tâtonnements ; grâce aux patientes recherches et au génie clairvoyant du D<sup>r</sup> Otto, le moteur était devenu pratique et économique; il marchait régulièrement, ne consommant que 1,000 litres de gaz et 35 litres d'eau par cheval-heure, ne coûtant plus par jour que 10 à 15 centimes d'huile de graissage et n'exigeant guère plus d'entretien qu'une machine à vapeur. Ces beaux résultats donnèrent au mo-

teur Otto une grande vogue : au 1<sup>er</sup> janvier 1881, il en avait été vendu 5.425, représentant un total de 16.189 chevaux de puissance.

Cette brillante fortune développa une vive concurrence : quelques-uns cherchèrent à faire mieux, d'autres se bornèrent à contrefaire, ce qui est plus profitable et plus aisé.

Aujourd'hui, plus de 50 types de moteurs se disputent les faveurs de l'industrie, et il en a été inscrit 30 sur le catalogue de l'Exposition, auxquels on a accordé 7 médailles d'or, 10 d'argent, 3 de bronze et 3 mentions honorables, soit 23 récompenses.

Cette statistique permet de juger du chemin parcouru depuis l'Exposition de 1878 : il est considérable, et la machine à vapeur n'a certainement point fait de semblables progrès. Dans quelques années, l'œuvre de Watt sera probablement éclipsée par l'œuvre des successeurs de Lebon.

Cherchons à caractériser nettement la situation présente de cette branche de l'industrie mécanique : nous le ferons succinctement et avec impartialité.

Il y a quatre types distincts, que j'ai classés de la manière suivante dans mes *Études sur les Moteurs à gaz tonnants* et dans mon *Traité des Moteurs à gaz* :

- 1<sup>er</sup> type : Moteurs à explosion sans compression ;
- 2<sup>e</sup> type : Moteurs à explosion avec compression ;
- 3<sup>e</sup> type : Moteurs à combustion avec compression ;
- 4<sup>e</sup> type : Moteurs atmosphériques.

Le premier type a un rendement médiocre, mais il est simple, robuste et peu coûteux de premier établissement : on le construit encore pour de très faibles puissances.

Le second type est excellent au point de vue théorique ; le troisième lui est un peu inférieur, mais il est susceptible de grands perfectionnements ; enfin le quatrième l'emporte sur tous les autres. Malheureusement, en pratique, les deux derniers types présentent des difficultés très grandes de réalisation qui les ont fait abandonner complètement.

Il ne reste donc en usage que les moteurs du second type. Or, ce type peut être appliqué de plusieurs façons : Otto a créé un premier genre, dans lequel la compression se fait dans le cylindre même de travail ; le cycle est alors à quatre temps, et il n'y a qu'une impulsion motrice pour deux tours de volant. Il existe un second genre, inauguré par Benz : la compression a encore lieu dans le cylindre de travail, mais sur une face différente du piston, de telle sorte que la marche puisse être à deux temps. Griffin a réalisé un troisième genre, à un temps et demi : nous le décrirons plus loin. Rappelons enfin qu'autrefois, au lieu de comprimer le mélange dans le cylindre moteur, M. Dugald Clerk, et autres inventeurs, ont opéré cette compression dans des cylindres séparés ; mais on a renoncé complètement à cette manière de faire. Il ne reste donc que trois genres : Otto, Benz et Griffin.

L'expérience a démontré que le genre Otto était le plus économique de tous : aussi est-ce celui que l'on emploie le plus généralement. Les tribunaux français ont décidé qu'il pourrait être reproduit sans qu'il y ait contrefaçon, attendu que M. Beau de Rochas avait décrit et fait breveter, en 1862, un dispositif dont Otto aurait manifestement emprunté les éléments principaux ; la même jurisprudence a prévalu à Leipzig, mais nous devons reconnaître qu'il en a été jugé différemment à Londres. Il est donc permis, partout ailleurs qu'en Angleterre, d'employer la marche en quatre temps, sans payer de redevance à M. Otto. Les inventeurs ne se le firent point répéter, et, depuis que les juges ont parlé, on tresse des couronnes à M. Beau de Rochas, en copiant plus ou moins servilement Otto.

Néanmoins, le cycle à quatre temps ne semble pas devoir réaliser *a priori* une régularité de marche comparable à celle du deuxième et du troisième genre, donnant une impulsion par tour ou par tour et demi : voilà pourquoi quelques constructeurs persévérants conservent le cycle à deux temps, bien qu'il entraîne fatalement une consommation supérieure. Mais il n'y avait à l'Exposition que 3 moteurs du second genre contre 17 du premier.

La valeur relative des divers genres a été mise en lumière par de remarquables expériences faites en septembre 1878 par la Société des Arts de Londres, lors d'un concours ouvert entre les moteurs à gaz et à vapeur, destinés à l'éclairage électrique ; le rapport, rédigé par MM. Hopkinson, Kennedy et Beauchamp-Tower, emprunte une grande autorité aux savants qui l'ont signé et à la Société qui l'a fait publier (1).

Le concours était ouvert entre les moteurs Otto, Atkinson et Griffin : on sait que Atkinson a cherché à réaliser, par des courses inégales du piston, une plus complète expulsion des gaz brûlés, et que le moteur Griffin est à six temps, mais à double effet.

Le tableau ci-dessous résume les conclusions du rapport.

	OTTO	ATKINSON	GRIFFIN
Puissance nominale en chevaux . . . . .	9	6	8
Travail mesuré au frein . . . . .	14.74	9.48	12.5
Consommation par cheval-heure . . . . .	680 litres	640 litres	808 litres
Pouvoir calorifique du gaz par mètre cube	5570	5690	5510
Compression . . . . .	5 <sup>k</sup> .30	3 <sup>k</sup> .5	4 <sup>k</sup> .13

Il ressort de ces expériences qu'on ne gagne rien à expulser entièrement les

(1) Ce rapport a été analysé par M. G. Richard, dans la *Lumière électrique* nos des 16, 23 et 30 mars 1889.

produits de la combustion, et que le cycle à trois temps donne une moins bonne utilisation que le cycle à quatre temps. De plus, une analyse approfondie des résultats obtenus a montré que la marche accélérée du piston dans la course motrice, réalisée par Atkinson au prix d'une grande complication, diminue les pertes par les parois, mais ne laisse en définitive aucun bénéfice, parce qu'on perd, dans ce moteur, par l'échappement, ce qu'on gagne d'autre part. C'est ce que prouveront les chiffres suivants :

	OTTO	ATKINSON
Chaleur convertie en travail . . . . .	22 %	23 %
Chaleur emportée par l'eau . . . . .	43 %	27 %
Chaleur emportée par les gaz de la décharge .	35 %	50 %

Les moteurs soumis à l'expérience ont consommé au moins 640 litres par cheval et par heure; ce ne sont pas les consommations minima qu'on puisse réaliser, et nous avons nous-même relevé et publié des dépenses bien moindres; il faut, pour cela, comprimer davantage les gaz tonnants. Il est en effet indiscutable que, toutes choses égales d'ailleurs, le meilleur rendement appartient au moteur dans lequel la compression préalable est la plus grande : théoriciens et praticiens sont d'accord sur ce point. La question est donc très simple, diront nos lecteurs; il n'y a qu'à comprimer beaucoup pour obtenir une bonne utilisation : c'est vrai, mais encore faut-il savoir le faire, en conservant à la machine la régularité de sa marche et la douceur de son fonctionnement, et sans compromettre la stabilité de ses organes. La possibilité d'une forte compression constitue pour un moteur un mérite réel, que nous avons cru devoir faire ressortir, car il est quelquefois contesté.

La consommation moyenne des moteurs est beaucoup moindre aujourd'hui qu'en 1878; un moteur de 4 chevaux exigeait alors un mètre cube par cheval et par heure; il ne consomme plus guère que 600 à 700 litres. Théoriquement le cheval-heure pourrait être obtenu, d'après nos calculs, au prix d'une dépense de 316 litres, avec une compression initiale de 3 kilogs. Le coefficient d'utilisation est donc égal à 0,48, ce qui est déjà un beau résultat. Mais on fera mieux quand on abordera les grandes puissances; deux moteurs de 100 chevaux étaient exposés l'un à 4 cylindres, l'autre à un seul cylindre, et ces deux solutions ont vivement attiré l'attention du jury et des visiteurs; l'apparition de semblables machines est en effet un grand événement dans l'industrie des moteurs à gaz et nous croyons que l'Exposition de 1889 fera époque dans l'histoire de ces moteurs. Il y a cinq ou six ans, le projet de construire un moteur à gaz de 100 chevaux eût été traité d'utopie sinon de folie.

Constatons une diminution sensible dans les prix des moteurs : des constructeurs belges offrent de bonnes machines d'un cheval au prix de 1,325 francs, de 4 chevaux au prix de 2,900 francs.

L'industrie française, accablée d'impôts, fait des prix plus élevés, mais qui sont encore assez bas, quand on les compare à ce qu'ils étaient autrefois ; ainsi nous connaissons deux maisons dont les moteurs de 1 et 4 chevaux sont vendus 1,400 et 3,200 francs. Il est vrai que la moyenne des prix est un peu supérieure ; les moteurs du genre Otto se vendent généralement 2,300 et 3,800 francs, les types de 1 et de 4 chevaux.

En somme, l'Exposition a révélé un grand progrès des moteurs à gaz à tous égards ; elle a démontré que ces moteurs peuvent concourir avec les machines à vapeur et le jury a témoigné de peu de sens des affaires industrielles en ne décernant aucun diplôme d'honneur dans cette catégorie, alors qu'il en accordait généralement à des constructeurs qui reproduisent encore le type primitif des machines à vapeur américaines, maintes fois récompensées depuis 1867. Il faut se rendre à l'évidence ; quand la consommation *pratique* des grands moteurs ne dépasse pas 600 litres par cheval-heure et lorsque le mètre cube de gaz combustible ne coûte que 6 centimes, le moteur à gaz est le producteur de force le plus économique. Ce prix de 6 centimes ne peut être accordé par des compagnies gazières succombant sous la charge d'impôts exagérés et d'emprunts considérables ; mais l'industrie peut fabriquer elle-même des gaz excellents à ce prix. Pour preuve, nous citerons l'exemple de la raffinerie de sucre Pfeifer et Langen à Elsdorff (1) ; deux moteurs Otto de 60 chevaux y sont alimentés par du gaz de houille produit dans l'usine même ; or, voici le bilan de cette fabrication, du 1<sup>er</sup> août 1887 au 31 juillet 1888.

## DÉPENSES

Charbon, 3130 tonnes à 12 francs.. . . . .	37.560
Main d'œuvre . . . . .	6.076
Matières d'épuration et divers. . . . .	2.471
Amortissement à 10 0/0 d'un capital de 43,800 francs . . . .	4 380
Intérêts à 6 0/0 du même . . . . .	2.628
	<hr/>
	53.115

## PRODUITS

1690 tonnes de coke à 12 francs . . . . .	20.280
152,000 kilogs de goudron. . . . .	3.702
220.000. kilogs. d'eaux ammoniacales . . . . .	836
10,000 kilogs de matières d'épuration . . . . .	75
	<hr/>
	24.893

Production de gaz : 867.974 mètres cubes.

Prix du mètre cube : 3<sup>cs</sup> 25.

(1) *Bulletin de la Société des Ingénieurs civils.*

Le moteur Otto employé consommait 680 litres, ce qui mettait le cheval-heure au prix de 2<sup>cm</sup>2 l'heure : pour 600 litres, la dépense n'eût été que de 1<sup>cm</sup>. Il est peu de machines à vapeur qui donneraient de meilleurs résultats économiques ; c'est pourquoi nous disons, avec plus de conviction que jamais, que la cornue à gaz est appelée à supplanter la chaudière à vapeur.

Les considérations qui précèdent nous permettent d'aborder maintenant l'étude comparative des moteurs exposés et de les faire connaître par une description sommaire ; ils ont pour la plupart des qualités spéciales, que nous ferons ressortir avec la plus grande sincérité, en nous gardant toutefois de tomber dans l'excès, que l'on reproche avec raison aux inventeurs des machines à gaz. A les entendre et à lire leurs prospectus, chacun d'eux aurait inventé une merveille, et son moteur serait le plus économique de tous, le plus simple, le plus robuste et le meilleur marché. Cette frivolité de la réclame est déplorable et elle est nuisible aux intérêts de ceux qui la pratiquent, car elle témoigne d'un charlatanisme dont les constructeurs de machines à vapeur se gardent avec soin. Le moteur à gaz n'a pas besoin de ces éloges hyperboliques ni de ces coups de grosse caisse : il se recommande bien assez de lui-même et des résultats officiels des essais auxquels on le soumet ; ce sont les seuls résultats dont nous puissions tenir compte et que nous croyons devoir reproduire.

## CLASSIFICATION DES MOTEURS (1)

### I. — Moteurs du premier type (à explosion sans compression)

BÉNIER  
DE BISSCHOP.

NOEL  
FOREST.

### II. — Moteurs du second type (à explosion avec compression)

#### 1<sup>o</sup> genre : Otto (à quatre temps)

OTTO.  
CROSSLEY.  
DELAMARE — DEBOUTTEVILLE ET MA-  
LANDIN.  
LENOIR (ROUART FRÈRES ET C<sup>ie</sup>).  
CHARON.  
NIEL.  
GOTENDORFF.  
DURAND.  
SALOMON ET TENTING.

PERS ET FOREST (DELAHAYE).  
DIEDERICHS  
MARTINI.  
KÆRTING-LIECKFELD (J. BOULET & C<sup>ie</sup>)  
ADAM (ÉLECTRICITÉ ET HYDRAULIQUE)  
RAGOT (SOCIÉTÉ DES MOTEURS INEX-  
PLOSIBLES).  
TAYLOR.  
LALBIN.

1. Nous décrivons dans ce travail tous les moteurs exposés que nous avons pu voir et étudier nous même, ou sur lesquels on nous a fourni des renseignements suffisants.

2<sup>o</sup> genre : Benz  
(à deux temps)

BENZ (ROGER).  
RAVEL (SOCIÉTÉ DES MOTEURS FRAN-  
ÇAIS).

BALDWIN (OTIS BROTHERS AND C<sup>o</sup>)

3<sup>o</sup> genre : Griffin  
(à un temps et demi)

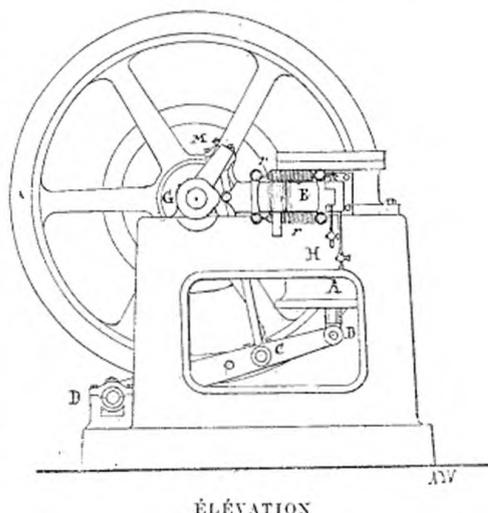
GRIFFIN.

## PREMIER TYPE

### Moteur Bénier

Le moteur Bénier avait déjà été exposé en 1878 et il avait obtenu une grande médaille ; en 1889, les membres du jury lui ont accordé une mention honorable.

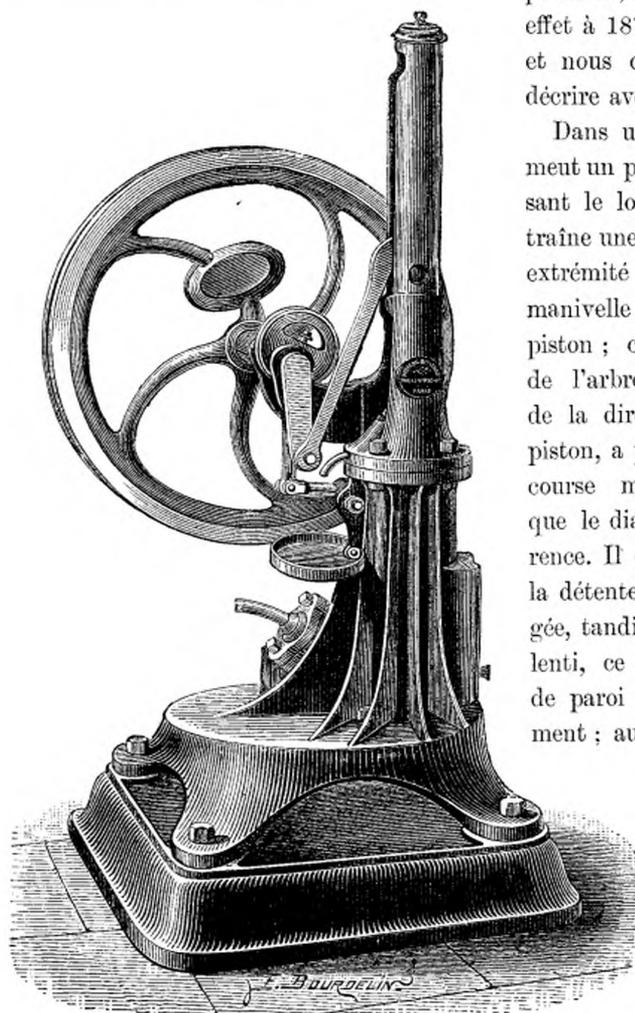
Ce moteur, construit par la Compagnie parisienne d'éclairage par l'électricité est resté ce qu'il était autrefois, simple et solide : on trouve des modèles de 1/8, 1/5, 1/3, 1/2, 1, 2, 3 et 4 chevaux, à des prix vraiment réduits, qui en font un excellent moteur pour la petite industrie ; il arrive tout monté et peut se placer partout sans difficulté, car il n'exige pas de socle ; de plus, il peut être mis entre les mains de tout le monde.



Nous croyons inutile de décrire ce petit moteur, déjà connu en 1878, rappelons seulement que le cylindre vertical attaque la manivelle par une bielle en retour formant un levier du deuxième genre. L'admission et l'allumage se font par un tiroir unique, mû par une came, la décharge s'opère par une soupape d'échappement, disposée derrière la machine et gouvernée par une autre came spéciale.

## Moteur de Bisschop

Ce moteur est, croyons-nous, le doyen d'âge de tous ceux qui ont paru à l'Exposition ; son brevet remonte en effet à 1872. Il est très connu et nous croyons inutile de le décrire avec détails.



VUE D'ENSEMBLE

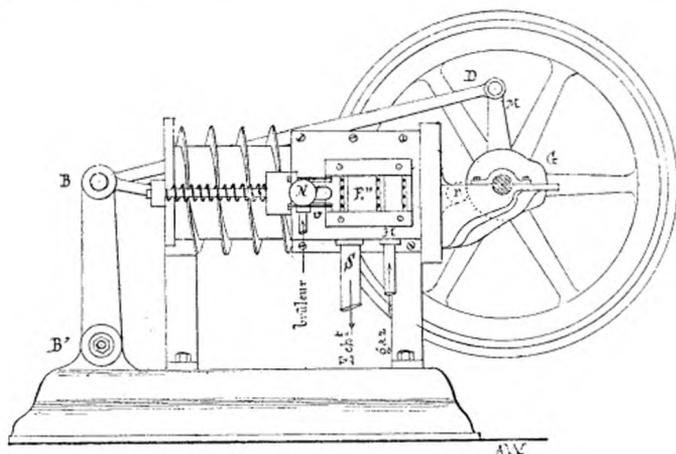
Dans un cylindre vertical se meut un piston dont la tige, glissant le long d'une rainure, entraîne une bielle en retour ; son extrémité s'articule sur une manivelle très rapprochée du piston ; cette position de l'axe de l'arbre moteur, en dehors de la direction de la tige du piston, a pour effet de rendre la course montante plus longue que le diamètre de la circonférence. Il en résulte encore que la détente est rapide et prolongée, tandis que le retour est ralenti, ce qui permet à l'action de pari de s'exercer efficacement ; aussi cette machine peut elle être considérée comme une machine semi-atmosphérique.

Le distributeur est cylindrique ; l'allumage s'effectue par succion de flamme.

Les moteurs de Bisschop ont une force variable de 3 à 75 kilogrammètres ; ce sont des auxiliaires excellents de la petite industrie, qui auraient été récompensés s'ils n'avaient été, avec toutes les productions de la maison Rouart frères et C<sup>ie</sup>, hors concours.

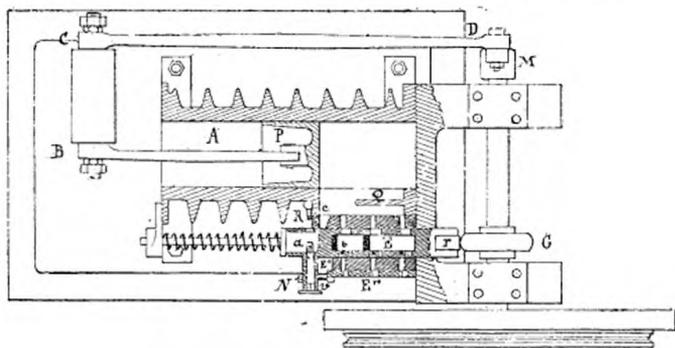
## Moteur Forest

Ce moteur convient très bien à la petite industrie, à laquelle il est spécialement destiné. Il est bien connu, car le brevet date de 1883, et ces machines sont très répandues ; on les construit de cinq grandeurs, depuis 4 kilogrammètres jusqu'à 1 cheval, les premières consommant 200 litres, les secondes 1400 par heure.



ÉLÉVATION

Le cylindre repose sur un double chevalet ; la transformation du mouvement rectiligne alternatif en un mouvement circulaire continu, se fait par le balancier d'Ewans, fixé d'une part à la plaque de fondation, et menant d'autre part une bielle de retour qui côtoie le cylindre et vient attaquer la manivelle du volant.



PLAN

La distribution s'opère à l'aide d'un tiroir ; l'air arrive à travers la contre-plaque, tandis que le gaz vient par dessus et se distribue par des diffuseurs dans

la chambre de mélange du tiroir. L'admission est faite par l'aspiration du piston, la décharge s'opère par le refoulement, à travers le même tiroir.

L'allumage est effectué par une flamme ; le piston ayant atteint le tiers de sa course, le tiroir avance, supprime l'admission et amène un brûleur devant la lumière, vers laquelle un déflecteur dirige le jet de gaz tonnant : l'explosion a lieu aussitôt.

Le refroidissement du cylindre est obtenu par une nervure cylindrique hélicoïdale de grande surface, venue de fonte avec lui, et présentant un large contact avec l'air ambiant.

M. Forest avait exposé, en outre de ce moteur du premier type, un autre modèle à deux pistons dont il sera question plus loin ; de plus, il avait réuni un certain nombre de dessins intéressants, parmi lesquels nous avons remarqué un moteur à huit cylindres rayonnants et une autre machine, du type pilon. C'est une machine de ce genre qui actionne la grande coupole de l'observatoire de Paris, mesurant 12 mètres de diamètre ; la manœuvre se faisait autrefois à la main par un treuil et elle exigeait 45 minutes pour un tour entier, tandis qu'aujourd'hui le travail ne demande même pas 10 minutes.

M. Fernand Forest a obtenu une médaille d'argent.

## Moteur Noël

M. Noël de Provins (Seine-et-Marne) exposait un moteur dans la Galerie des Machines et un autre dans l'annexe de la classe 52 du pont d'Iéna ; de plus, dans le bâtiment du pétrole, un carburateur Lothammer alimentait un moteur Noël.

Le jury a décerné une médaille d'argent à M. François Noël.

Ce moteur paraît avoir été étudié spécialement pour la petite industrie : il tient peu de place, est robuste et simple et sa conduite est facile. On le construit depuis 1/4 de cheval jusqu'à 2 chevaux.

C'est un moteur du premier genre à cylindre horizontal, dans lequel l'attaque du volant se fait encore par une bielle de retour, comme dans plusieurs autres moteurs similaires.

Les soupapes remplacent les tiroirs ; l'allumage est électrique, par le moyen d'une pile et d'une bobine d'induction.

Le cylindre est muni de larges et grandes ailettes de refroidissement ; mais pour les moteurs de 2 chevaux, une circulation d'eau a néanmoins paru nécessaire.

Le régulateur, mû par une roue conique, agit par suppression complète du gaz quand la vitesse s'exagère, et ce dispositif est à louer pleinement.

Ces moteurs fonctionnent à volonté au gaz ou au pétrole : on en voyait un à l'Exposition qui était alimenté par le carburateur Noël et Berquier, lequel permet l'emploi de pétroles lourds, ayant une densité de 0,73.

Pour maintenir ce carburateur à une température de 25 degrés, on le fait traverser par les gaz de la décharge. L'alimentation de l'appareil est automatique et le niveau du liquide reste constant ; pour assurer une journée de marche, il suffit de remplir préalablement la bouteille d'alimentation ; quand la température s'élève outre mesure, on détourne une partie des gaz brûlés à l'aide d'un robinet disposé à cet effet, et le moteur peut alors être abandonné à lui-même sans surveillance.

## DEUXIÈME TYPE

### PREMIER GENRE

---

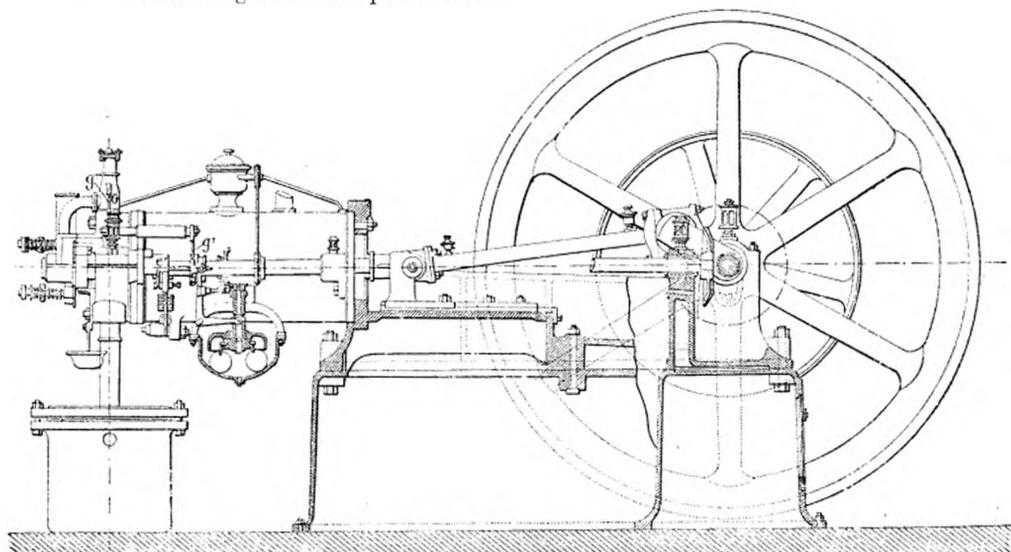
### Moteur Otto

La Compagnie française des moteurs à gaz a exposé tous ses types de moteurs : à côté des machines horizontales bien connues à un cylindre, marchant au gaz de ville, on en voyait à deux et quatre cylindres, construites spécialement pour la production de la lumière électrique ; de plus quelques machines étaient disposées pour être alimentées à l'air carburé ou bien aux gaz pauvres. Deux types verticaux étaient proposés à l'attention des visiteurs : un moteur domestique, de  $\frac{1}{4}$  ou  $\frac{1}{8}$  de cheval, destiné aux ouvriers en chambre, et une machine industrielle pouvant développer de grandes puissances tout en couvrant un espace extrêmement restreint.

Les qualités remarquables des moteurs Otto n'ont pas besoin d'être rappelées ici : disons seulement qu'il s'en est vendu en dix ans, plus de 30000, représentant une puissance totale de 110000 chevaux-vapeur ; c'est le meilleur éloge que nous puissions faire de cette machine. Ajoutons que, depuis 1878, Otto a reçu, en France, 9 diplômes d'honneur et 16 médailles d'or, et à l'Étranger, 11 diplômes d'honneur et 23 médailles d'or ; le Jury de l'Exposition de 1889, qui n'a point décerné de grands prix aux moteurs à gaz, a accordé une médaille d'or à la Compagnie française des moteurs à gaz, concessionnaire des brevets Otto, en France.

Nous ne consacrerons que peu de mots à la description du moteur Otto, le plus répandu de tous les moteurs et le plus célèbre ; c'est une machine à simple

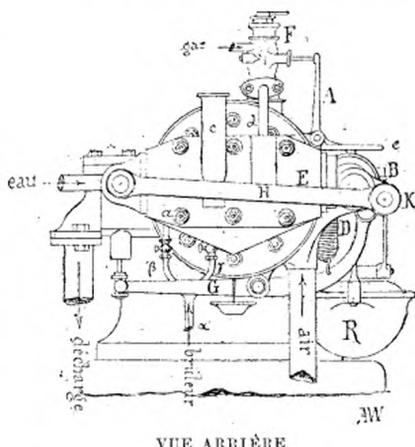
effet, à quatre temps, dont le cylindre se prolonge derrière le piston de manière à former une chambre de compression de volume égal au  $\frac{4}{10}$ <sup>e</sup> du volume total du cylindre. L'admission et l'allumage sont opérés par un tiroir, la décharge se fait par une soupape : ces organes sont placés sous la dépendance d'un arbre à came et excentrique, qui reçoit son mouvement de l'arbre de couche, par une paire de roues dentées. L'alimentation de gaz est commandée par une came distincte, qui se déplace sous l'action du régulateur : pour une vitesse déterminée, l'introduction du gaz cesse complètement.



ÉLÉVATION ET COUPE LONGITUDINALE

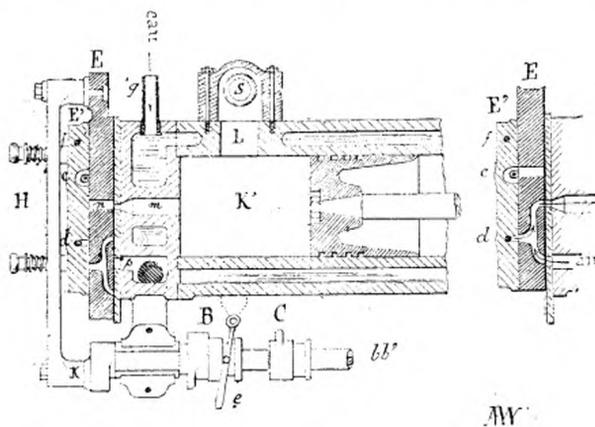
Le tiroir est l'organe le plus remarquable et le mieux étudié du moteur : il est formé d'une plaque en fonte percée d'une lumière en U pour l'accès du gaz et de l'air et d'une chambre d'allumage, servant au transport de la flamme d'un bec veilleuse au cylindre. Cette délicate question de l'allumage a reçu dans cette machine une solution élégante et complète : un volume de gaz et d'air est enflammé au contact de la veilleuse, puis isolé sous la pression de l'atmosphère ; cette chambre est ensuite mise graduellement en équilibre de pression, par un trou étroit, avec le mélange comprimé et amenée devant la lumière d'admission. La flamme jaillit et détermine la détonation de la charge comprimée derrière le piston. Jamais le bec veilleuse ne s'éteint, d'autre part, il ne se produit point de ratés, parce que la lumière de la culasse renferme un mélange plus riche que celui qui se trouve immédiatement derrière le piston. Cet allumage coûte environ 150 à 200 litres par heure.

Les ingénieurs de Deutz ont conservé longtemps sans aucune modification le type de moteur qu'ils avaient primitivement adopté : les admirables résultats obtenus, dès 1877, les dispensaient en effet de tenter fortune dans une autre voie ; pourquoi aurait-on transformé une machine qui jouit de la faveur constante du public ? Néanmoins, dans ces derniers temps, pour satisfaire au désir de quelques clients, et pour répondre à des besoins nouveaux, on a adopté un nouvel allumage aux moteurs Otto : nous voulons parler de l'emploi des tubes incandescents, dont le principe paraît avoir été indiqué pour la première fois par sir William Siemens.



VUE ARRIÈRE

Un tube de fer est disposé verticalement à l'arrière de la culasse du cylindre, sur un canal qui peut être mis en communication avec la chambre de compression et d'explosion à l'aide d'un tiroir, d'une soupape ou d'un dispositif quelconque ; il est entièrement plongé dans la flamme d'un brûleur Bunsen. Ce brûleur, dans lequel l'écoulement du gaz aspire une certaine portion d'air, est



COUPE HORIZONTALE

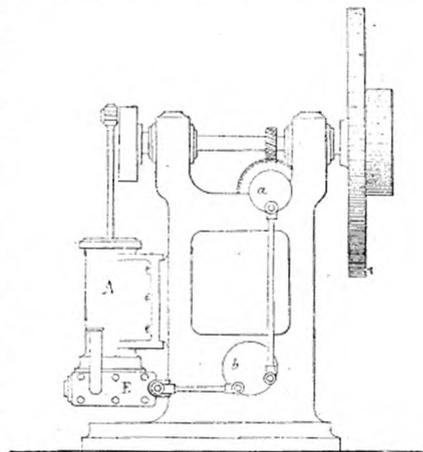
néanmoins insuffisamment alimenté d'air, de manière à ce que la flamme ne devienne point oxydante ; mais il est entouré d'une cheminée concentrique, percée elle-même d'ouvertures, par lesquelles afflue le complément d'air nécessaire à la

combustion complète du gaz ; toutefois cet air ne vient au contact que de la surface extérieure de la flamme, dont il élève la température sans qu'elle cesse d'être réductrice en son centre. Par cet ingénieux dispositif, on réalise une flamme très chaude, quoique non oxydante, et le tube incandescent ne brûle pas aussi vite et dure assez de temps pour que son renouvellement ne soit, ni une charge ni une dépense.

Le tube est vissé, avons nous dit, sur un canal d'allumage, lequel, aboutit d'une part au cylindre, mais qui se prolonge aussi dans l'autre sens, présentant ainsi un appendice dont le rôle est très considérable. En effet, le mélange tonnant comprimé, sortant du cylindre moteur, pousse d'abord devant lui les produits gazeux brûlés dans l'opération précédente et remplit ensuite le tube et l'appendice : il s'allume dans le tube et l'inflammation se communique dans le canal et dans l'appendice ; celui-ci étant fermé, il s'y produit une sorte de détonation qui refoule la flamme vers le cylindre et y assure ainsi l'allumage complet et instantané du mélange.

Tout est à louer dans ce nouvel appareil ; et d'abord le brûleur est parfaitement conditionné pour concentrer l'incandescence en un point du tube et diminuer le plus possible la dépense du gaz ; elle ne dépasse pas 100 litres par heure. De plus, le réglage du volume du tube est fait de telle sorte que les gaz tournants n'arrivent au contact de la partie incandescente qu'au moment voulu ; c'est une garantie de plus pour la régularité de la machine. Cette régularité est si grande que l'on a pu, dans de petits moteurs, supprimer le tiroir ou la soupape entre le cylindre et le tube allumeur, l'explosion ne se faisant qu'après un intervalle de temps déterminé, toujours identique, après la compression. Dans des moteurs à 300 tours, cet allumage libre fonctionne d'une façon parfaite, et c'est à peine s'il y a quelques ratés, qui sont trop rares et de trop peu de conséquence pour faire renoncer à la simplicité de cette combinaison.

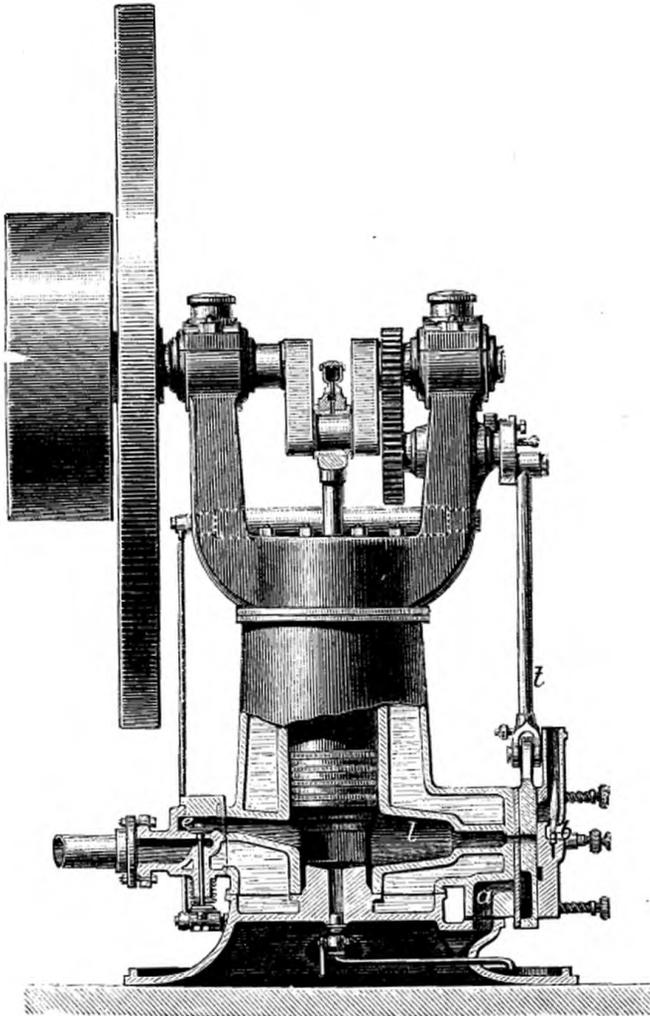
Il est en effet remarquablement simple, ce petit moteur domestique (fig. ci-contre) à cylindre vertical, dans lequel l'allumage se fait par des moyens aussi élémentaires ; en utilisant une soupape automatique pour l'admission et la formation du mélange et en laissant le tube allumeur en communication constante



ÉLEVATION

avec le cylindre, on a pu réduire le mécanisme de distribution à une seule tige,

actionnée par une came; cette tige abaisse la soupape d'échappement à temps voulu et donne issue aux gaz brûlés. La soupape d'accès du gaz est placée



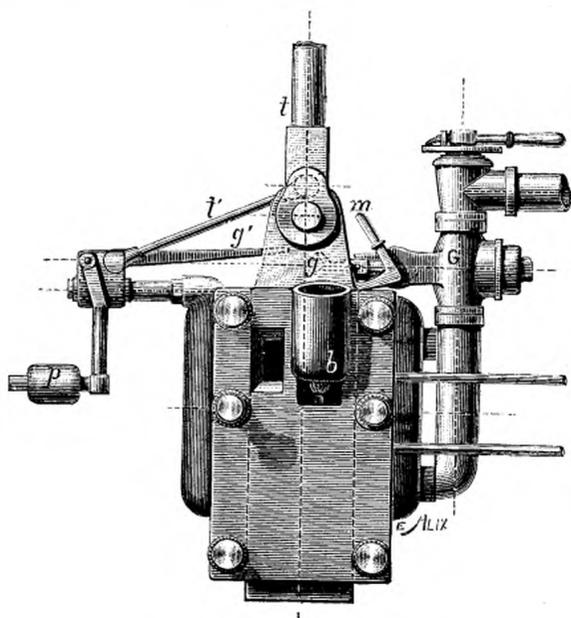
MOTEUR VERTICAL, SYSTÈME OTTO

contre le cylindre; elle s'ouvre pendant l'aspiration du piston au moyen d'un crochet, faisant pièce avec un curieux régulateur à pendule, qui mérite une description spéciale. Ce pendule est suspendu latéralement à la tige de distribution et il partage son mouvement; il se compose d'un levier coudé à angle droit, terminé d'une part par un crochet et de l'autre par un contrepoids qui équilibre le poids du crochet. En marche normale, le crochet soulève la soupape d'admission; mais si la vitesse de la machine augmente, l'inertie du contrepoids entre

en jeu et donne au crochet une direction oblique qui lui fait manquer la soupape, laquelle ne se soulève plus; il n'y a donc plus d'admission de gaz et le moteur ralentit sa marche.

Voici dès lors comment le moteur fonctionne : il est à quatre temps ; quand le piston monte, la soupape automatique se lève par aspiration, la soupape d'accès du gaz donne du fluide combustible, s'il y a lieu, et le mélange tonnant s'opère ; pendant la compression, la soupape automatique fait l'office d'une soupape de retenue ; puis l'explosion a lieu, et enfin la soupape de décharge laisse échapper les gaz brûlés. Ainsique nous l'avons dit plus haut, la communication reste toujours libre entre le cylindre et le tube allumeur.

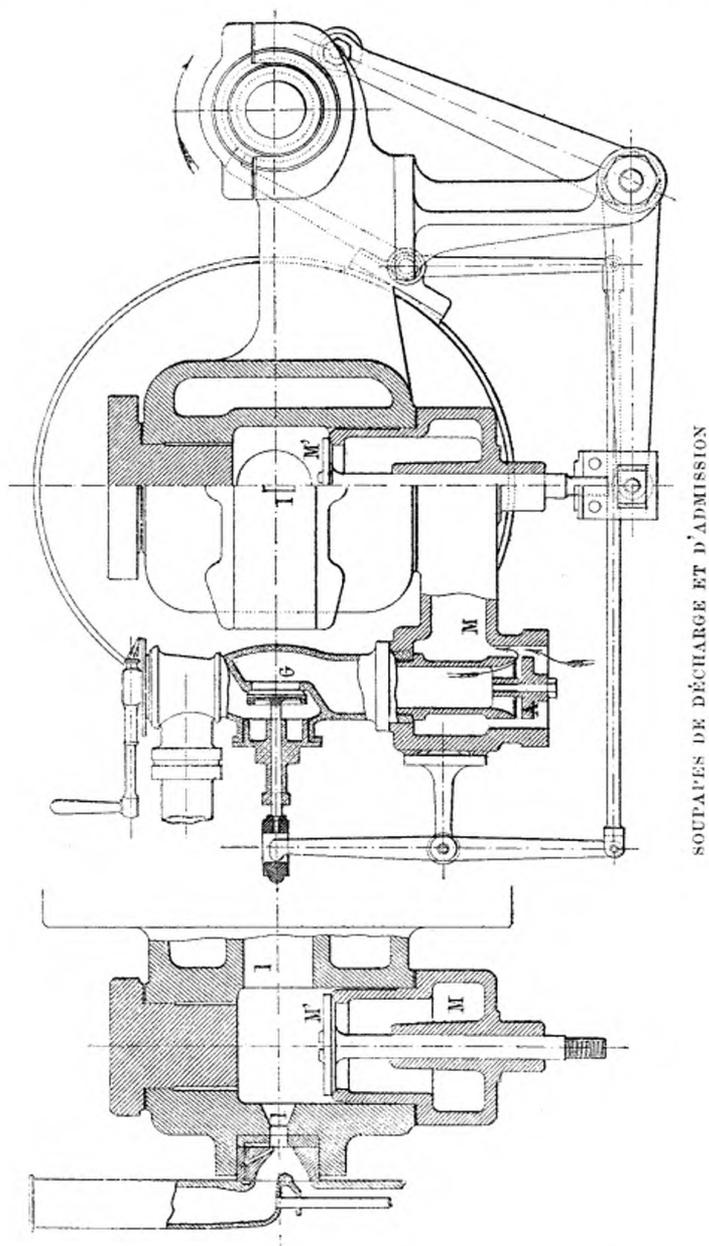
Ce moteur domestique est donc à compression, ce qui explique sa faible consommation ; il a de plus l'avantage de se prêter facilement aux changements de marche, par suite de son extrême simplicité.



VUE ARRIÈRE DU DISTRIBUTEUR

Dans les grandes machines horizontales dépassant une puissance de 40 chevaux, le tiroir Otto à double fonction d'allumage et d'admission a été remplacé par une distribution à soupape; cette modification s'imposait parceque les tiroirs prennent des dimensions trop considérables dans les grands moteurs, et leur entretien devient fort difficile. La soupape d'accès du gaz, dont la levée dépend de la position du régulateur est généralement placée à l'arrière du

cylindre ainsi que la soupape d'admission, tandis que la soupape de décharge occupe sa position habituelle: la figure ci-dessous permet de se rendre compte du



groupement de ces divers organes. Le gaz combustible, introduit par la soupape G, descend vers le mélangeur M et y rencontre l'air, avec lequel il se mêle

intimement avant d'atteindre la soupape d'admission M'; *U* est le canal d'allumage percé dans le fond de la culasse à la manière ordinaire. Ce dispositif a été breveté dès 1880.

Un moteur de 100 chevaux, à quatre cylindres, exposé dans la Galerie des Machines, reproduisait le dispositif que nous venons de décrire. Les quatre cylindres étaient placés deux à deux de chaque côté de l'arbre moteur, lequel a deux coudes à 180 degrés l'un de l'autre, de sorte qu'il se produit une explosion à chaque demi-tour de la machine. La vitesse normale de cette machine est de 140 tours par minute et sa puissance peut atteindre 120 chevaux. Ce moteur convient tout particulièrement à la production de la lumière électrique et il réalise une régularité de marche parfaite; l'arbre moteur reçoit une impulsion à chaque demi-tour et l'on n'observe point de ces *à-coup*, qui ne peuvent être atténués dans les moteurs à un cylindre que par le glissement des courroies.

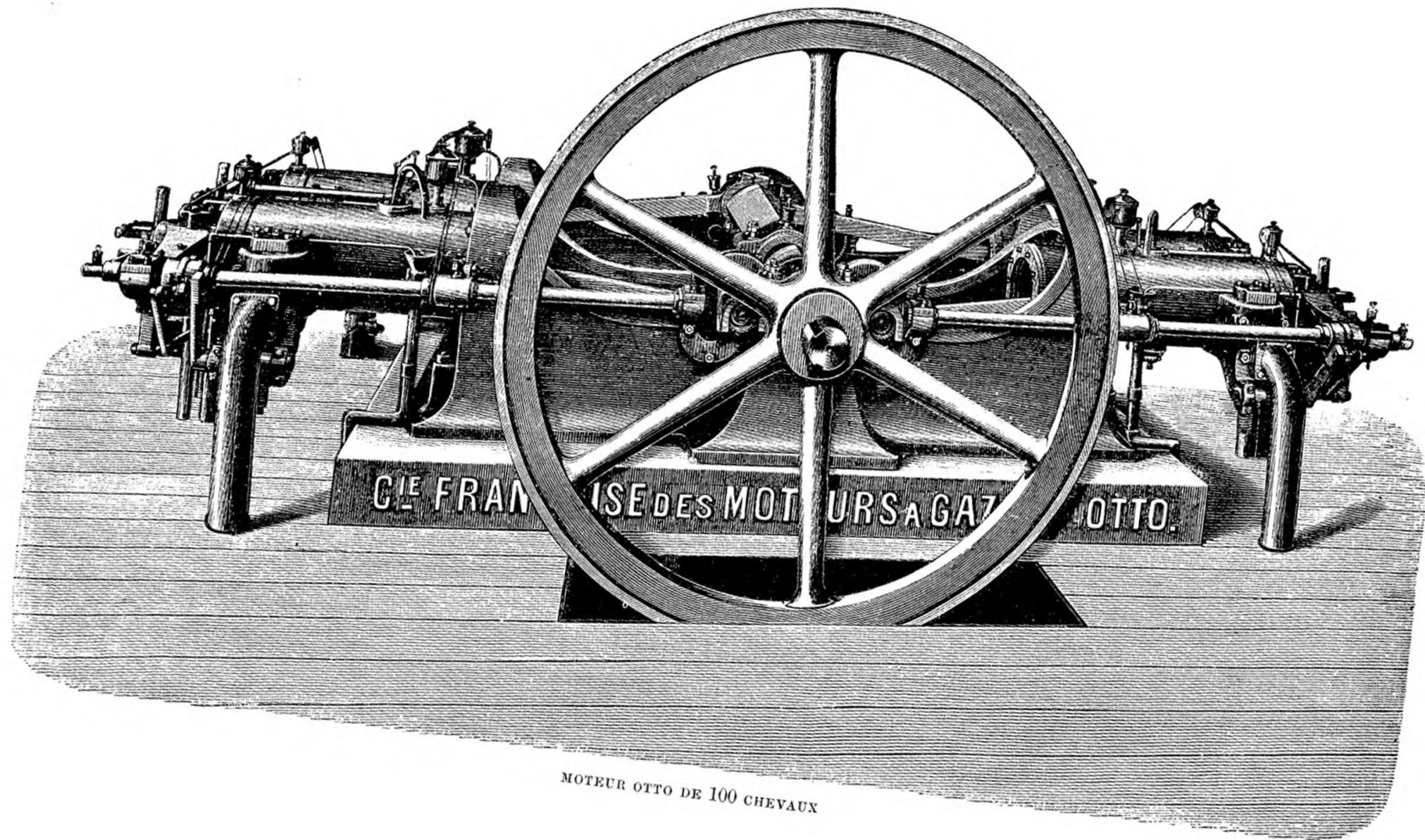
Un grand nombre de machines Otto à deux cylindres, de 50 à 60 chevaux, ont déjà été appliquées en France et en Allemagne dans les stations d'électricité; elles sont un peu encombrantes, mais cet inconvénient est racheté par les brillants résultats obtenus. On les a vues fonctionner au Palais des machines et sur l'Esplanade des Invalides tous les soirs pendant six mois alimentant l'éclairage électrique sans aucune défaillance ni interruption.

Il nous reste à dire un mot du rendement du moteur Otto.

Ce moteur a été l'objet d'un grand nombre d'essais de consommation, dont nous avons publié les résultats dans notre *Traité des Moteurs à gaz*, pages 160 et suivantes; on peut estimer à 850 litres la dépense par cheval-heure, allumage compris, pour les moteurs les mieux conditionnés, de la force de 4 à 8 chevaux (1). De nouveaux essais ont été faits récemment par la Société des Arts de Londres, et par le Comité des Sciences et des Arts de l'Institut Franklin de Philadelphie: il ressort de ces expériences, fort habilement conduites, et décisives dans l'espèce, que la consommation du moteur Otto peut descendre jusqu'à 680 litres par cheval-heure, quand la compression préalable du mélange tonnant est suffisante. Mais, pour des raisons particulières, que nous ne pouvons discuter ici, la compression ne dépasse généralement pas 3 kilogrammes, et les ingénieurs de la maison Otto consentent à une légère augmentation de dépense, qui se trouve compensée, dit-on, par une meilleure conservation du cylindre et des articulations des machines.

Enfin, nous avons trouvé, dans le *Bulletin de l'Association des Ingénieurs allemands*, le résultat d'essais faits sur des moteurs de 120 chevaux, à quatre cylindres, construits à Deutz: la dépense par cheval a encore été de 680 litres.

(1) Quand on compare le moteur Otto à des moteurs dans lesquels l'allumage est électrique, il convient de lui tenir compte de la dépense de gaz produite de ce chef, soit 200 litres par brûleur, ou 50 litres par cheval-heure dans un moteur de 4 chevaux.



CIE FRAN...ISE DES MOT...URS A GAZ...OTTO.

MOTEUR OTTO DE 100 CHEVAUX

Une de ces machines, installée à la raffinerie d'Elsdorff, était alimentée par du gaz produit dans l'usine même, coûtant 3<sup>cms</sup>,25 le mètre cube; la dépense par cheval-heure ne dépassait point dans ces conditions 2<sup>cms</sup>,2, ce qui est un résultat extrêmement remarquable.

## Moteur Crossley

L'exposition de MM. Crossley, brothers, de Manchester, était, sans contredit, une des plus remarquables de la Galerie des Machines. On y voyait sept machines, de puissance et de type divers, dont nous croyons utile de donner l'énumération :

- 1° Un moteur horizontal, d'une puissance effective de 28 chevaux au frein, muni des derniers perfectionnements;
- 2° Un moteur, semblable au précédent, de 12,5 chevaux effectifs;
- 3° Un moteur semblable, de 6,5 chevaux effectifs;
- 4° Un petit moteur semblable, de 3 chevaux, auquel était appliqué le régulateur-pendule breveté de la maison Crossley;
- 5° Un moteur vertical de 4,5 chevaux effectifs, attelé à un monte-charge pouvant soulever 406 kilogrammes, avec une vitesse de 4 mètres à la seconde;
- 6° Un moteur semblable, de 1,5 cheval effectif, commandant une pompe pouvant élever 4,5 litres d'eau à la hauteur de 1<sup>m</sup>,25 par seconde;
- 7° Un moteur semblable, de 0,75 cheval effectif;
- 8° Un moteur semblable, connu sous le nom de *The domestic*, d'un demi-cheval effectif.

L'habile disposition de ces machines, le fini de leur construction, la régularité de leur fonctionnement, devait faire attribuer à la maison Crossley l'une des plus hautes récompenses mises à la disposition du jury pour les moteurs à gaz; une médaille d'or est donc venue s'ajouter aux 75 diplômes d'honneur et médailles obtenus aux principaux concours et aux expositions ouvertes dans les deux Mondes depuis l'année 1878.

Les moteurs Crossley sont des moteurs Otto, dont le cycle n'a subi aucune modification, mais que les constructeurs ont perfectionné dans leur forme extérieure et dans leurs divers dispositifs. On y retrouve tous les éléments du moteur Otto, mais l'ingénieur anglais a voulu refaire à sa manière et à son idée les dessins qu'il avait reçus de la maison de Deutz, et son goût nous a paru meilleur. L'arbre de distribution a été abaissé, le régulateur déplacé et mieux dessiné, les cames recouvertes, les leviers placés sous le cylindre, etc.; ce ne sont que des détails, mais l'œuvre primitive a été transformée, et le moteur Crossley plaît davantage aux yeux.

L'allumage s'opère, dans toutes ces machines, par un tube fermé, chauffé par un bec de Bunsen : ainsi que nous l'avons déjà signalé plus haut, à propos des moteurs Otto, on peut calculer la longueur de ce tube de manière à ce que l'allumage s'opère à temps voulu, alors même que le tube reste constamment en communication avec la chambre de compression du cylindre ; M. Crossley a préféré néanmoins placer entre le tube et la chambre une petite soupape qui ne s'ouvre qu'au moment précis de l'explosion. Ce moment dépend de la vitesse du moteur : au démarrage, on fait actionner le levier de la soupape par une came spéciale, qui est remplacée par une autre, aussitôt que le moteur a pris une allure normale.

On avait disposé sur un des moteurs de cette exposition la distribution par soupape, brevetée le 29 janvier 1889 et caractérisée par l'emploi d'un levier-pendule dénommé « *inertia governor* » ; ce dispositif est très élégant. Une came actionne un levier qui vient attaquer, par-dessous le cylindre, la soupape d'admission du mélange tonnant ; mais ce levier se prolonge au-delà par un double levier articulé, plié en équerre, portant d'un côté une bielle, dirigée verticalement, et de l'autre un contrepoids d'équilibre. Comme dans tous les régulateurs pendulaires, et ils sont nombreux aujourd'hui, le contrepoids, dont la position est réglée par un ressort, reste en arrière par inertie quand le mouvement du levier s'accélère et la butée manque la tête de la valve d'admission du gaz qu'elle doit ouvrir : lors donc que le moteur prend trop de vitesse, l'admission du gaz se trouve supprimée.

La maison Crossley avait organisé une superbe exposition, dans laquelle étaient représentés les principaux types des moteurs construits dans ses beaux ateliers d'Openshaw à Manchester ; nous avons regretté toutefois de n'y point voir ce fameux moteur vertical à un seul cylindre, d'une puissance de 120 chevaux, qui ne consommait que 420 litres par cheval-heure indiqué, avait on dit, dont on avait tant parlé et dont nous aurions été heureux d'étudier les dispositions. C'est vers la construction de ces grands moteurs que devrait se porter aujourd'hui tout l'effort des ingénieurs qui s'occupent des moteurs à gaz, et le moteur Crossley eût été, comme le moteur Simplex, une grande attraction pour les visiteurs compétents.

### Moteur E. Delamare-Deboutteville et L. Malandin (Simplex)

Ce moteur est construit par la maison Th. Powell de Rouen, (aujourd'hui Matter et C<sup>ie</sup>) par la compagnie des Forges et Fonderies de l'Horme, dans ses chantiers de la Buire à Lyon, par MM. Steinlen et C<sup>e</sup> de Mulhouse (ancienne

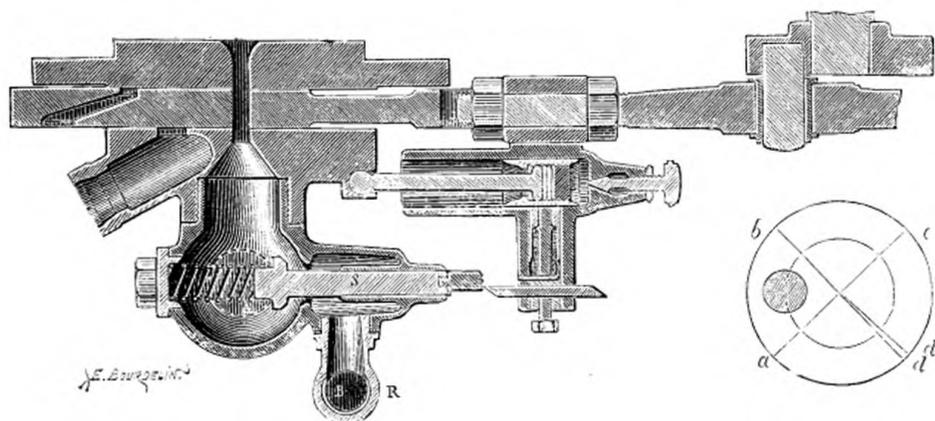
maison Heilmann-Ducommun et Steinlen) et par la Société anonyme des Haies de Gilly près de Charleroi : ces divers constructeurs exposaient des moteurs de ce type, mais nous n'avons observé entre leurs machines que de légères différences de détail et une description unique suffira pour faire connaître le moteur *Simplex*, auquel le jury a accordé une médaille d'or, la plus haute récompense mise à sa disposition pour les moteurs à gaz.

Ce moteur est à quatre temps, et son fonctionnement général est sensiblement le même que celui du moteur Otto, brevet 1877 ; nous nous abstenons de le décrire dans son ensemble, mais nous ferons ressortir avec soin les innovations de détail qui donnent à cette machine le remarquable cachet de simplicité auquel elle doit son nom et sa renommée.

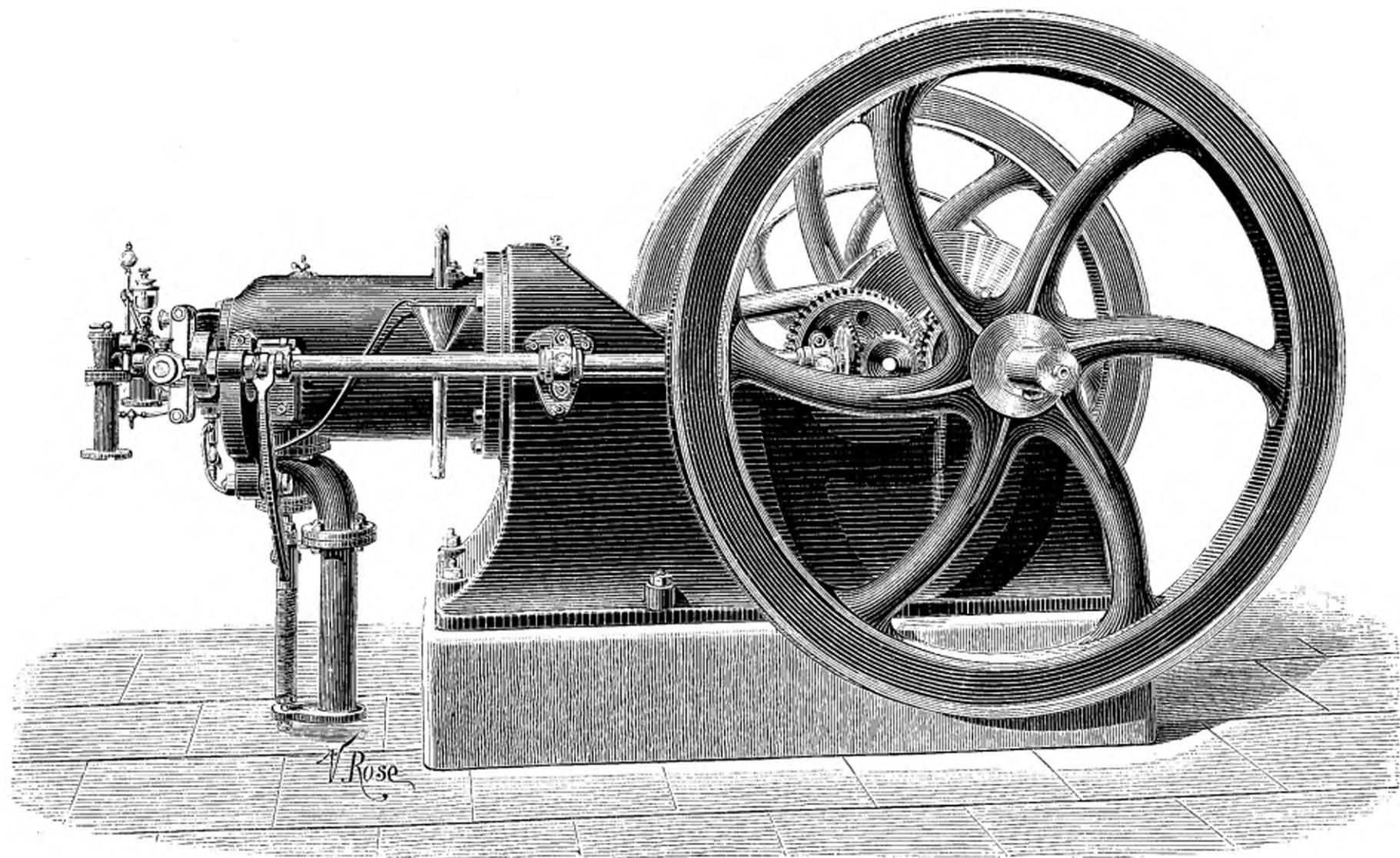
Le gaz et l'air se mélangent dans une boule sphérique extérieure appliquée contre le chapeau du tiroir, à la partie postérieure du cylindre : le mélange pénètre dans le cylindre en traversant le tiroir, simple plateau de fonte percé d'une ouverture rectangulaire, dont le mouvement est produit par un disque manivelle et un coulisseau. Ce tiroir sert à la fois à l'alimentation du cylindre et à l'allumage des gaz tonnants ; voici comment s'accomplit cette dernière fonction. Une étincelle d'induction jaillit continuellement dans une cavité du chapeau et un orifice pratiqué obliquement à travers le tiroir vient mettre à temps voulu cette cavité en communication avec la culasse ; l'explosion est donc réglée avec une précision mathématique par les arêtes mêmes des orifices, et le tiroir, l'organe délicat des moteurs à gaz, n'est plus qu'un simple plateau, percé de deux trous, qui s'échauffe beaucoup moins et qui est plus facile à entretenir que les tiroirs à transport de flamme. Ce mode d'allumage est excellent ; un petit trou de purge, percé dans la paroi du brûleur et débouchant contre la glace du tiroir, assure l'expulsion des gaz brûlés et l'on ne constate aucun raté.

Les figures qui suivent permettent d'étudier ces divers organes : on y voit l'ouverture de la culasse, l'orifice droit du tiroir et le canal oblique d'allumage ; la soupape d'admission S est levée et donne accès au gaz amené par le robinet R.

La figure ci-contre montre une heureuse application d'un régulateur à air, dont



COUPE HORIZONTALE DU DISTRIBUTEUR



MOTEUR « SIMPLEX. » — TYPE COURANT

le type était connu anciennement déjà, mais dont les inventeurs ont su tirer un meilleur parti ; le piston compresseur est fixe, tandis que le cylindre est mobile avec le tiroir auquel il est fixé : l'air accumulé derrière le piston soulève une soupape à ressort et relève plus ou moins un couteau d'acier par lequel est manœuvré, en temps voulu, le robinet d'admission du gaz combustible. Le gaz est supprimé lorsque le mouvement s'accélère, suivant le principe du tout ou rien.

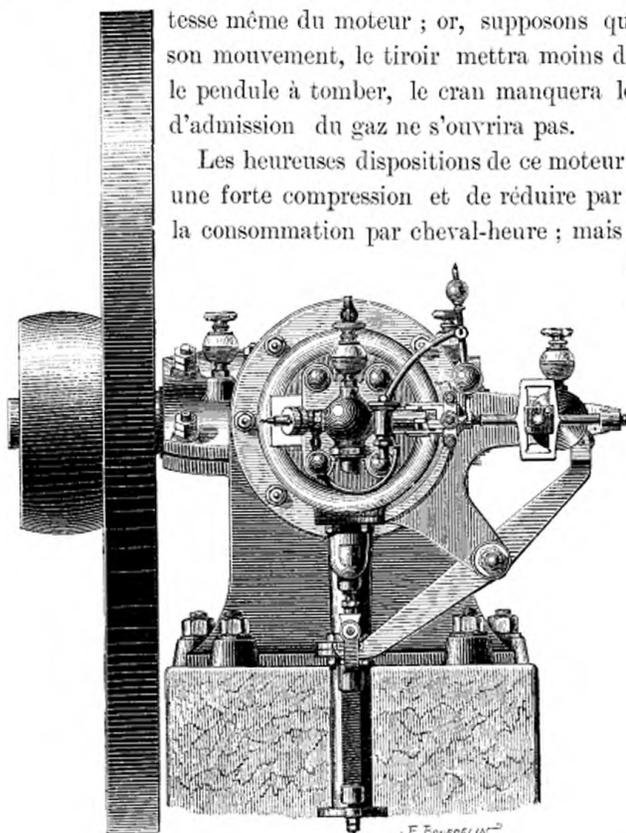
Pour les moteurs fixes, MM. Delamare et Malandin emploient un régulateur pendule très ingénieux. Il se compose d'un pendule, constamment sollicité à se placer dans la verticale, présentant à sa partie inférieure un cran taillé à angle vif dans la tige ; le tiroir mobile porte de son côté un couteau double, par lequel il attaque la soupape d'admission du gaz, le cran du pendule appuie sur la queue de ce double couteau, l'accompagne, le maintient horizontal et assure l'ouverture du robinet à gaz.

Cet effet dépend évidemment de la relation établie entre la vitesse possible de chute du pendule et la vitesse de translation du tiroir, laquelle dépend de la vi-

tesse même du moteur ; or, supposons que la machine accélère son mouvement, le tiroir mettra moins de temps à rentrer que le pendule à tomber, le cran manquera le couteau et le robinet d'admission du gaz ne s'ouvrira pas.

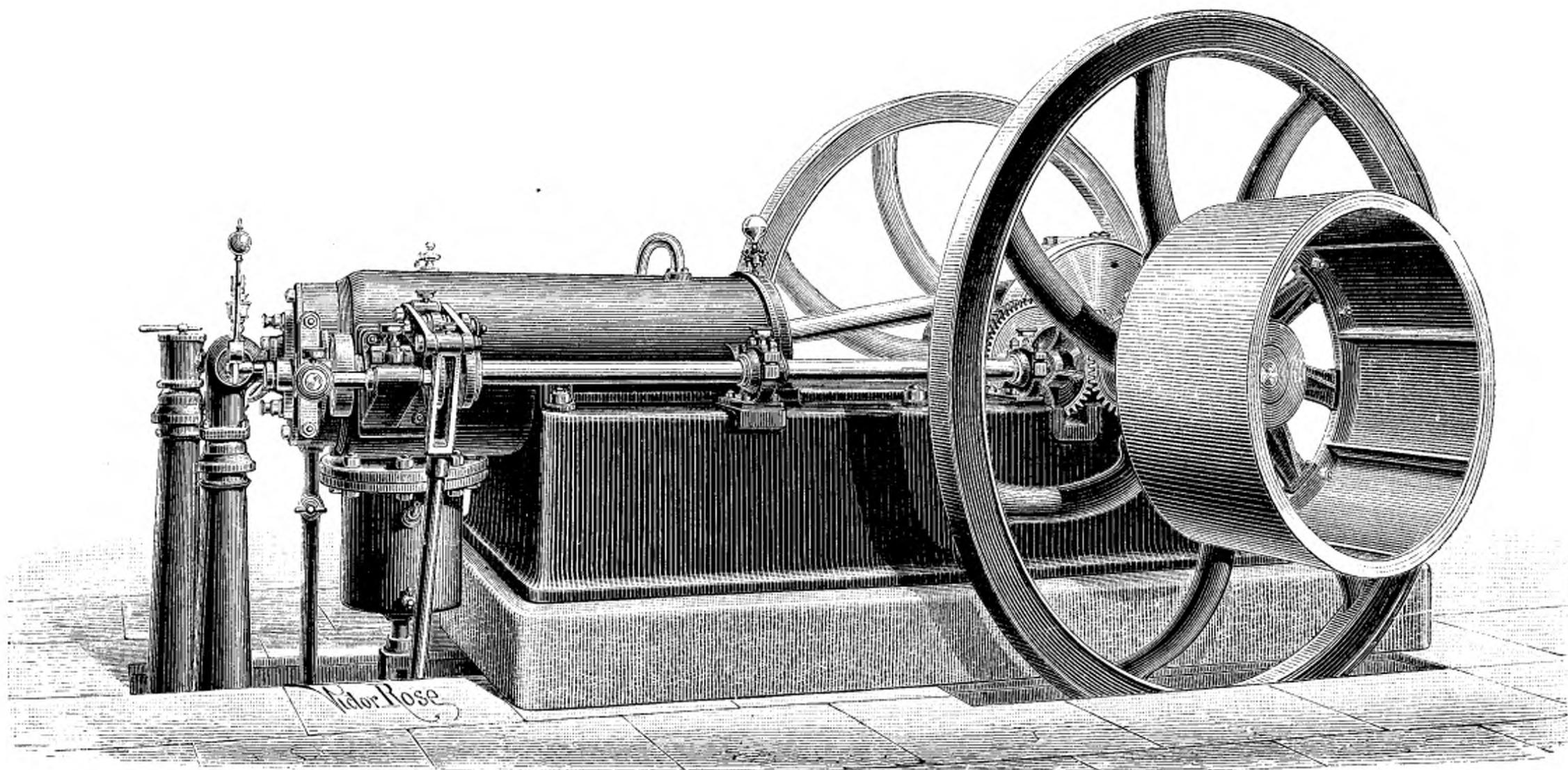
Les heureuses dispositions de ce moteur ont permis d'employer une forte compression et de réduire par suite considérablement la consommation par cheval-heure ; mais du même coup, l'usage

d'un *self-starting*, c'est-à-dire d'un appareil de mise en marche automatique, s'imposait plus impérieusement, car il est souvent fort difficile et très pénible de faire démarrer les gros moteurs. Les inventeurs ont réalisé une idée simple : supposons qu'on arrête un moeur au troisième temps, alors que le mélange tonnant est comprimé derrière le piston ; si les soupapes étaient bien étanches



VUE ARRIÈRE

on aurait encore de la pression au bout de 10 heures et il suffirait de faire jaillir



MOTEUR SIMPLEX DE 100 CHEVAUX

l'étincelle, pour que la machine entrât en mouvement ; mais on ne trouve guère une telle étanchéité. MM. Delamare et Malandin y'ont suppléé en disposant sur la culasse un petit robinet auxiliaire, qui permet de charger le cylindre d'un mélange explosif ; ce même robinet, qui est à trois voies, a encore la mission de faire arrêter la machine au point que l'on veut. On l'arrête donc au point d'inflammation, et, quand on veut mettre en route, on le charge de gaz ; l'explosion a lieu, le piston est projeté en avant et l'inertie du volant suffit pour franchir les premiers points morts.

Tel est le moteur Simplex, dont on a pu constater le bon fonctionnement à l'Exposition : malgré la compression considérable du gaz, la marche de la machine est douce et sans bruit, ce qui tient à la perfection du mécanisme et à la précaution que prennent les constructeurs de donner un petit retard à l'inflammation.

Un moteur de 100 chevaux était exposé sur la berge; la fig. ci-dessus en reproduit la disposition d'ensemble. On y retrouve les éléments caractéristiques du Simplex, mais leurs dimensions relatives ont nécessité un arrangement nouveau, qu'il est facile de reconnaître sur le dessin. Le diamètre du cylindre est de 575 millimètres la course de 950 et la vitesse atteint 107 tours par seconde; cette machine développe 100 chevaux aux gaz pauvres.

Signalons brièvement les particularités ingénieuses de cette puissante machine, qui était assurément la plus remarquable nouveauté de l'Exposition des moteurs à gaz.

Et d'abord le tiroir est percé de deux lumières pour ouvrir une plus large voie au passage des gaz pauvres, par lesquels on alimentera généralement ce moteur ; ces deux lumières en desservent une seule placée dans l'axe du cylindre, de sorte que la course du tiroir a pu être réduite. La commande de la soupape de décharge a dû être modifiée également, car on a cherché à soulever cette soupape avec des vitesses progressives ; la levée est lente au début, alors qu'il est nécessaire de développer une grande force, puis elle s'accélère ; ce résultat a été obtenu par l'emploi d'un levier à mâchoire de *crocodile*, prenant d'abord son point d'appui tout près de l'axe de la soupape et s'en éloignant ensuite progressivement jusqu'au moment de l'ouverture complète. Ce genre de levier a donné d'excellents résultats.

La compression a pu être conservée aussi considérable que dans les petites machines, ce qui est un point d'une grande importance dans la question des moteurs, car c'est de la compression que dépend le rendement. Il est vrai que l'allumage se fait avec un petit retard, non pas au point mort, mais pour une déviation de 15° de la manivelle ; cette pratique, qu'on pourrait discuter, a tout au moins l'avantage de faire coïncider l'explosion avec une certaine vitesse du piston et d'adoucir le choc sur les paliers.

Les gaz de la décharge sont dirigés dans une caisse remplie de pierres ; cet

artifice a permis de diminuer le bruit fatigant de l'échappement d'un cylindre de ce grand volume.

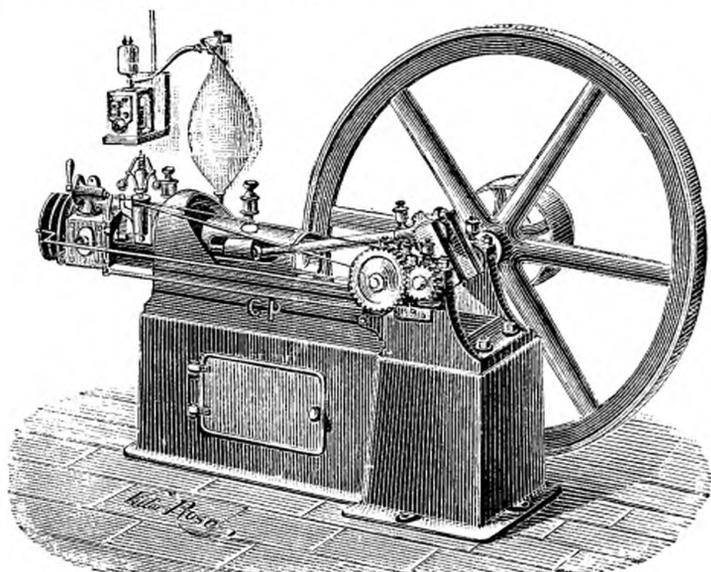
L'allumage est électrique, comme dans les petits moteurs ; il est produit de même par une étincelle continue (autant du moins que l'est une étincelle volta faradique), jaillissant dans l'épaisseur même du tiroir. L'application du *self-starting* s'imposait pour ce moteur, et elle a parfaitement réussie. Bref : le gros moteur Simplex a montré qu'il était possible, sans modifications essentielles, d'appliquer les moteurs à gaz aux grandes puissances, sans fatiguer outre-mesure le métal, sans exagérer les difficultés de mise en marche, sans ébranler l'air et le sol par le choc des explosions ; c'est un grand succès pour les inventeurs et les constructeurs, et cette tentative, couronnée de succès, hâtera le triomphe définitif des moteurs à gaz, qui sont appelés à concourir avec la machine à vapeur. En ce moment, déjà, le moteur à gaz de grande puissance, alimenté aux gaz pauvres, consomme moins de charbon qu'une machine Corliss ; en effet, le moteur Delamare, qui ne donnait guère que la moitié de son effet maximum, consommait tout au plus 600 grammes de charbon anthraciteux par cheval-heure. Ces chiffres nous dispensent de tout commentaire.

Nous avons été appelé à soumettre le moteur Delamare-Deboutteville et Malandin à une série d'épreuves, officielles pour ainsi dire, dont les excellents résultats ont reçu une grande publicité, et qui témoignent des éminentes qualités de ce moteur. Une machine de 200 millimètres de diamètre, et de 400 millimètres de course, faisant 160 tours, a donné 9 chevaux effectifs, au prix d'une dépense de 562 litres par cheval-heure ; la même machine, alimentée au gaz Dowson, fonctionnant avec une compression plus forte qu'avec le gaz de ville, a pu développer 7 chevaux, en consommant 2,459 litres par cheval-heure. La régularité de marche de la machine a été fort remarquable dans les deux cas : le moteur Simplex convient donc fort bien à la commande des dynamos employées à l'éclairage électrique.

## Moteur Lenoir

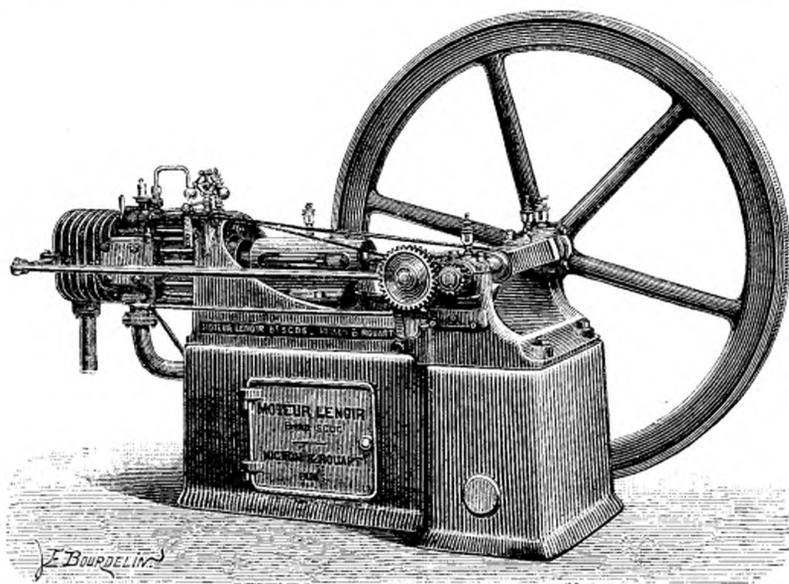
L'exploitation des nouveaux brevets de M. Lenoir a été concédée, pour le département de Seine et Seine-et-Oise, à la Compagnie Parisienne du gaz, et pour la France et l'étranger, à MM. Rouart frères et C<sup>ie</sup>, successeurs de MM. Mignon et Rouart. La perfection du moteur, la célébrité de l'inventeur et l'habileté des constructeurs, justifient le succès de cette machine, qui a été récompensée à toutes les expositions : le jury de la classe 52 eût sans doute reconnu son mérite, si la nomination de MM. Henri et Alexis Rouart, dans les classes 50 et 53 n'avait mis hors concours tous les produits de leur maison.

Le nouveau brevet de M. Lenoir date de 1883; il diffère essentiellement de celui de 1860, avec lequel il n'a guère de commun que l'allumage électrique



TYPE CONSTRUIT PAR LA C<sup>ie</sup> PARISIENNE DU GAZ

M. Lenoir, tirant partie de vingt-trois ans d'expérience, a renoncé à la marche à double effet, et il a emprunté à Otto la compression préalable dans le cylindre

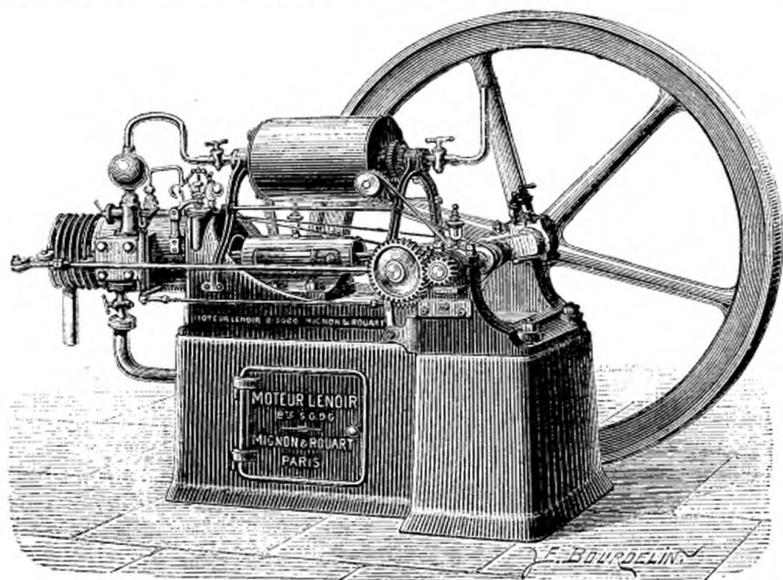


TYPE CONSTRUIT PAR MM. ROUART FRÈRES

moteur; mais il a supprimé le tiroir plan, et il a réalisé un dispositif simple, que donne d'excellents résultats.

Ce moteur est horizontal : le cylindre est fixé en porte-à-faux à l'extrémité du bâti ; la tige du piston, qui est guidée par un coulisseau cylindrique, actionne, par l'intermédiaire d'une bielle, un peu courte, un arbre coudé en villebrequin.

Le cylindre est muni d'ailettes, venues de fonte, qui facilitent son refroidissement ; la chapelle d'introduction est appliquée sur le côté, en un point relativement froid, ce qui est une bonne condition de fonctionnement. Voici comment s'opère la distribution ; l'air arrive par une tubulure, largement ouverte, et se mêle au gaz débité par un diffuseur ; le mélange se forme donc dans la chapelle. Il traverse une soupape et pénètre dans le cylindre pendant la première phase d'aspiration ; la compression s'opère par le retour du piston sur lui-même, puis l'étincelle, fournie par une bobine de Ruhmkorff, jaillit entre les pointes de l'allumeur et provoque l'explosion. C'est la marche à quatre temps. La décharge se fait par la partie inférieure du cylindre. Tous les organes de distribution, que nous venons de décrire, sont commandés par un arbre auxiliaire, parallèle à l'arbre de couche, et mû par une paire de roues dentées, qui réduisent sa vitesse dans le rapport de 1 à 2 : cet arbre porte deux excentriques, lesquels agissent sur des leviers et des tringles, et actionnent les soupapes.



MOTEUR A PÉTROLE CONSTRUIT PAR MM. ROUART FRÈRES

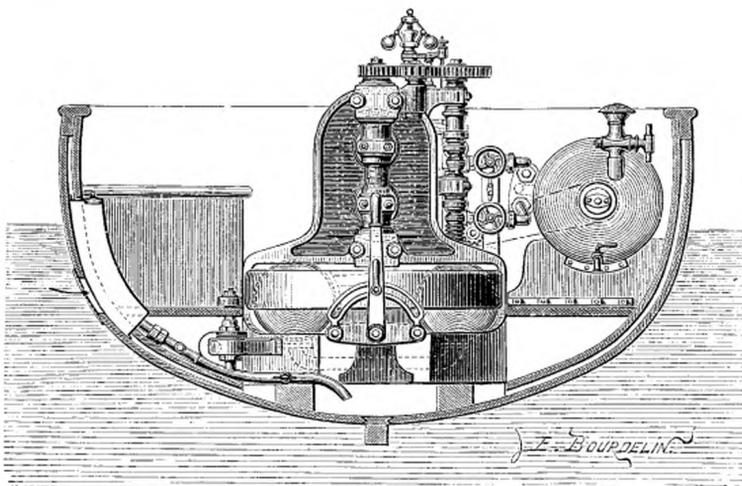
Un régulateur à boules modère la vitesse du moteur en supprimant l'admission du mélange tonnant ; ce résultat est obtenu par le soulèvement d'un levier articulé, qui ouvre la soupape en poussant sur sa tige, quand la marche est normale, mais qui pousse dans le vide, aussitôt qu'un accroissement de vitesse l'a relevé au-dessus de sa position moyenne. On trouve un certain nombre de dispositifs analogues dans les moteurs à gaz, mais celui-ci fonctionne très bien.

Le moteur Lenoir est parfaitement étudié dans tous ses détails, et il marche fort régulièrement.

L'allumage électrique se fait avec une grande ponctualité et sans qu'on observe de ratés; cet avantage, que tous les inventeurs n'ont pas réalisé avec un égal succès, est dû à ce que les pointes de l'allumeur sont placées en un point où ne peuvent pénétrer les huiles de graissage.

Grâce aux ailettes, les moteurs de 2 chevaux peuvent marcher sans circulation d'eau autour du cylindre.

MM. Rouart et C<sup>ie</sup> ont donné les plus grands soins à l'établissement de carburateurs d'air alimentés à la gazoline ou aux autres pétroles légers, et ils ont obtenu d'excellents résultats, qui recommandent leurs machines à l'attention des agriculteurs et autres industriels de la campagne. Le carburateur peut être disposé immédiatement au-dessus du moteur: c'est le cas des machines fixes; mais on peut encore monter le moteur et son gazogène sur une voiture, et réaliser ainsi une locomobile. Une de ces machines, d'une puissance de 6 chevaux, actionnait sur la berge, près du pont d'Iéna, une pompe centrifuge Decœur: elle fonctionnait sans circulation d'eau. Le refroidissement du cylindre était obtenu au moyen d'une petite quantité d'eau, 50 litres au plus, contenue dans un réservoir, ouvert à sa partie supérieure, et entourant complètement le cylindre; cette eau était portée à l'ébullition et maintenait la température à 100 degrés au plus, ce qui est une excellente condition de marche quand les huiles de graissage sont bonnes.



MOTEUR LENOIR, A PÉTROLE, POUR CANOT

On a aussi pu voir exposé, dans la classe 65 (Exposition flottante), un canot de 7 mètres de longueur sur 1<sup>m</sup>,65 de largeur au maître-couple, calant 0<sup>m</sup>,60

d'eau, qui était mû par un moteur Lenoir de 3 chevaux, alimenté au pétrole (1).

En somme, l'exposition des moteurs Lenoir était une des plus brillantes du Champ de Mars ; c'était aussi l'une des plus importantes. En effet, ces moteurs figuraient, au Palais des Machines, dans les classes 50, 52, 62 et 63 ; un moteur de 24 chevaux actionnait une dynamo Westminster, exposée par MM. Latimer, Clark Muirhead et C<sup>e</sup> ; un moteur de 8 chevaux marchait dans le sous-sol du Pavillon du Gaz ; la locomobile et le canot complétaient cette brillante démonstration de la multiplicité des applications des moteurs à gaz et à pétrole.

Le regretté Henri Tresca, de l'Institut, a fait, en 1885, des essais complets sur un moteur de 2 chevaux, et il a relevé une consommation de 655 litres par cheval-heure ; ce chiffre est remarquable pour une machine d'une aussi faible puissance.

M. Alfred Tresca a déterminé la consommation de gazoline du même moteur alimenté à l'air carburé : le cheval-heure a coûté 0 litre,607 de gazoline, pesant 650 grammes au litre. Au prix de 0 fr. 50 le litre, le cheval-heure coûte donc 0 fr. 32 : ce résultat est excellent pour une machine agricole.

## Moteur Charon

Cette machine réalise jusqu'à un certain point un *desideratum* que nous avons formulé depuis longtemps et sur lequel nous avons maintes fois rappelé l'attention des constructeurs dans notre *Traité des moteurs à gaz*, le prolongement de la détente ; il doit en résulter une meilleure utilisation de la chaleur, un abaissement de la température toujours trop élevée des gaz de la décharge et partant une amélioration notable dans le rendement. Mais il paraissait difficile d'atteindre le but proposé en gardant le cycle à quatre temps et la compression dans le cylindre même ; M. Charon y a réussi néanmoins, grâce à un dispositif ingénieux, auquel le jury aurait pu accorder mieux qu'une mention honorable.

Le régulateur commande une double came à gradins, dont l'une actionne la soupape d'admission du gaz combustible, tandis que la seconde manœuvre une sorte de soupape de retenue, placée contre la culasse du cylindre. Celle-ci est ouverte pendant le premier temps du cycle (phase d'appel par le piston) et elle livre passage au mélange tonnant ; quand le piston revient sur ses pas pour opérer la compression du second temps, elle ne se referme pas aussitôt et elle laisse échapper une partie du mélange explosif ; la compression est donc plus faible et conséquemment la détente plus complète. La quantité du mélange explosif retenue dans le cylindre est donc déterminée par le régulateur.

(1) Un moteur à pétrole de 20 chevaux, à quatre cylindres, a été installé sur le *Dzicyrely*, yacht de M. le marquis d'Urre d'Abay, qui a témoigné dans ses nombreux voyages des meilleures qualités de marche.

Mais que devient la portion du mélange rejetée ? C'est ici que l'inventeur a témoigné de la plus heureuse originalité. Le mélange n'est point rejeté, il est seulement remisé dans un long tuyau, enroulé en serpentín, et formant un spacieux magasin ; or, ce tuyau est en libre communication avec l'atmosphère, et c'est par lui que se fait l'appel d'air au moment de l'aspiration par le piston, dans le premier temps. Le mélange remisé est donc réintroduit dans le cylindre. On pourrait croire que du gaz puisse se répandre à l'air ; il n'en est rien, car la longueur du tuyau est grande et la stratification du gaz s'opère de telle sorte qu'on n'observe aucune diffusion, ainsi que nous avons pu nous en assurer nous même.

Cela posé, il est aisé de comprendre le fonctionnement du moteur. La double came est entraînée par un arbre faisant, comme dans le moteur Otto, un tour pour deux de la manivelle. Quand le piston parcourt sa course d'arrière en avant pour la première fois, la première came livre entrée au gaz et la seconde soulève la soupape d'admission ; l'air est appelé à travers le serpentín. Le piston, étant arrivé à fond de course, revient en arrière ; l'accès du gaz est coupé aussitôt, mais la soupape de la culasse reste ouverte un temps plus ou moins long, suivant le besoin, puis la compression se fait. Dans la première période, l'étincelle jaillit et le gaz détone ; les gaz brûlés sont expulsés dans la quatrième période.

L'inflammeur consiste en une bougie de porcelaine traversée par un fil conducteur ; l'étincelle ne jaillit qu'au moment précis où un levier d'acier vient établir le contact avec les bornes d'une bobine d'induction alimentée par des piles. Un mécanisme spécial permet de régler mathématiquement l'instant précis de l'étincelle. L'explosion se produit dans une chambre logée à l'arrière du cylindre.

La soupape d'échappement occupe la même place que dans le moteur Otto.

Un graisseur débite l'huile goutte à goutte ; il consiste en une boîte sphérique renfermant un flotteur actionné mécaniquement, de façon à déposer de l'huile à chaque tour sur un plan incliné aboutissant à un canal allant au cylindre.

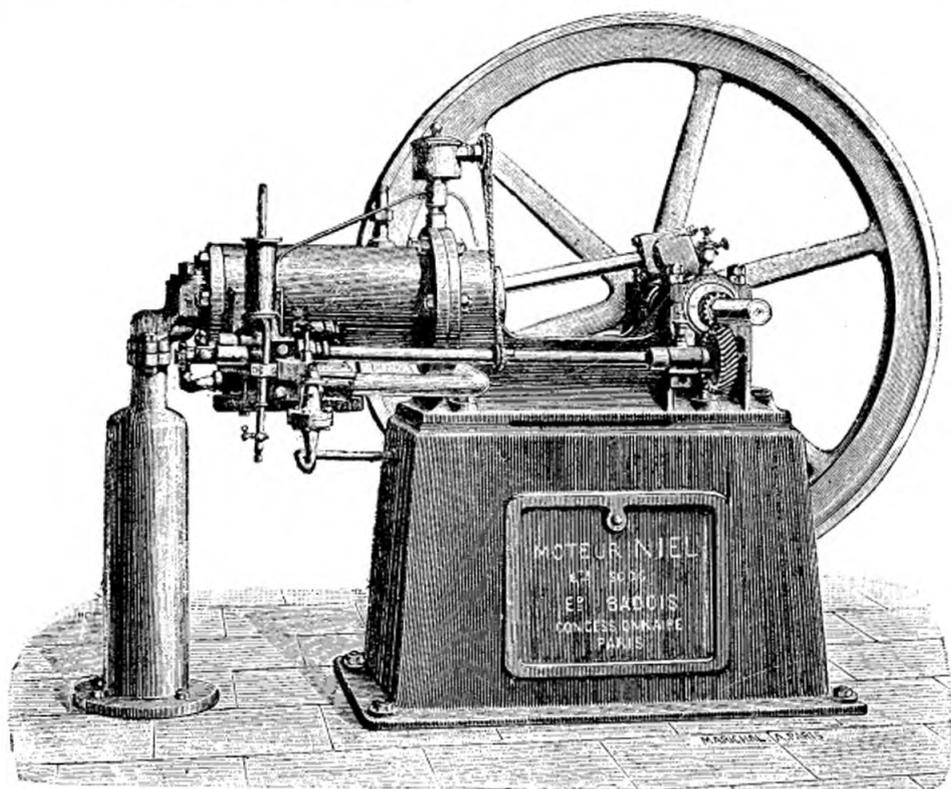
J'ai été appelé à faire des essais publics sur le moteur Charon : un moteur de 4 chevaux a consommé environ 535 litres de gaz par cheval-heure, le pouvoir du gaz était de 5980 calories par mètre cube ; la température des gaz de la décharge a été d'environ 250°, ce qui est un résultat des plus remarquables, dû à la détente complète des gaz de l'explosion.

## Moteur Niel

M. Niel s'était déjà fait connaître fort avantageusement par un moteur à compression dans un cylindre spécial et par un moteur Compound ; mais à l'exemple de tous les premiers inventeurs, il a abandonné ces divers genres pour adopter le type Otto à 4 temps.

La machine qu'il a exposée, et pour laquelle le jury lui a décerné une médaille d'argent, présente quelques dispositions intéressantes, voire même originales qui méritent d'être signalées.

L'appareil distributeur se compose d'un robinet conique, faisant une révolution pour deux tours de la manivelle, et opérant tour à tour l'introduction des gaz tonnants dans le cylindre, leur détente et leur allumage. Ces appareils rotatifs se prêtent fort bien au réglage des diverses phases, et plusieurs constructeurs, notamment M. Santenard, les ont employés ; mais les robinets coniques sont rarement étanches ou bien ils sont exposés à gripper ; M. Niel s'est



tiré de ce fâcheux dilemme par un dispositif très ingénieux. Le robinet est maintenu dans son boisseau par une bride qui n'exerce sur lui aucune pression ; mais on a ménagé sous cette bride une petite chambre, qui est en communication avec l'intérieur du cylindre par un canal étroit ; les pressions développées derrière le piston moteur s'y transmettent donc et poussent le cône dans le boisseau, de telle sorte qu'au moment de la compression du mélange tonnant et de son explosion, le robinet est rendu parfaitement étanche par cette pression, tandis qu'il est fort libre le reste du temps. Les moyens employés pour obtenir ce résultat ne sont pas trop compliqués et l'on peut en louer l'invention et l'adaptation.

Par une large lumière, le robinet ouvre un passage au mélange d'air et de gaz aspiré par le piston dans sa marche avant : l'admission se prolonge pendant les deux tiers de la course, détail sur lequel nous aurons à revenir tout à l'heure, puis le robinet met la chambre de compression en communication avec l'appareil d'allumage par un conduit oblique. Cet appareil est constitué par un tube de fer incandescent, maintenu au rouge par un chalumeau, analogue à ceux que nous avons décrits précédemment.

La décharge des gaz s'effectue par une large soupape, placée sur le côté du cylindre, en face de la lumière d'admission : elle est commandée par un levier, passant par dessous le cylindre et recevant son mouvement d'une came calée sur l'arbre de distribution.

Le réglage de vitesse du moteur se fait au moyen d'un système particulier, qui présente de sérieux avantages. Il se compose d'un excentrique faisant osciller un levier assez court, sur lequel s'articule une pièce qui affecte la forme d'une étoile à trois branches ; une de ces branches est un déclit, la seconde se termine par un ressort et la troisième fait butée. Le déclit ouvre la valve du gaz dans le mouvement de va et vient du levier, au moment de l'admission ; cette action s'exerce de haut en bas. Quand la pièce remonte, la butée heurte contre un arrêt qui la fait pivoter et plie le ressort ; quand cette pièce redescend, le ressort se détendra brusquement et lancera le déclit sur la tête de la valve. Or, cette détente exige un certain temps pour s'effectuer ; si le mouvement du levier est plus accéléré que celui de la détente du ressort, le déclit arrive trop tard pour appuyer sur la valve et celle-ci reste fermée : pour lors, le piston n'aspire que de l'air et il n'y a pas d'explosion. On voit sans peine que, dans ce dispositif, le ressort joue un rôle analogue à celui du pendule adopté dans les moteurs Otto, Crossley, Delamare et autres. On règle la vitesse de marche par la position de la butée, de même qu'on le fait dans les régulateurs à pendule en allongeant ou raccourcissant le pendule ; les avantages des deux systèmes sont les mêmes, à condition toutefois que le ressort ne conserve pas de déformation permanente et ne perde pas de son élasticité, ce qui est facile à réaliser.

Par ce qui précède, on peut se rendre compte du fonctionnement du moteur Niel ; son cycle est celui d'Otto ; mais l'aspiration du mélange tonnant ne se fait que pendant les deux tiers de la course et le volume des gaz admis à chaque coup est moindre qu'une cylindrée. La détente est plus grande, c'est ce que cherche M. Niel, mais la compression est moindre et il serait imprudent d'affirmer que le rendement soit nécessairement amélioré. Aucune expérience exacte n'a été faite pour déterminer la consommation de ce moteur ; néanmoins, on a constaté chez M. Lesage à Evreux, que le cheval-heure coûtait environ 690 litres, allumage compris, ce qui est un bon résultat.

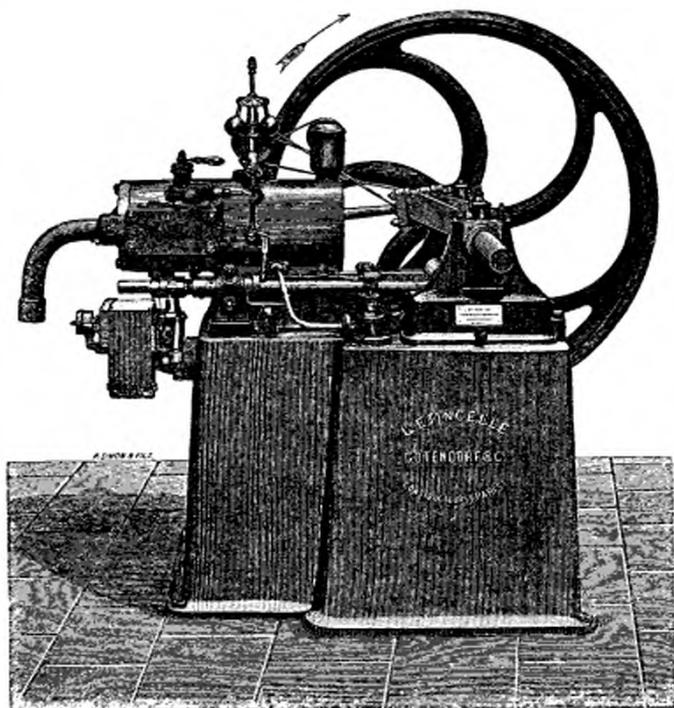
M. E. Badois est devenu concessionnaire du moteur Niel.

## Moteur Gotendorff

M. Gotendorff, étant membre du jury de la classe 56, son élégant moteur à gaz, surnommé l'*Étincelle*, se trouvait hors concours.

Ce moteur est horizontal, à compression, à quatre temps, mais son inventeur américain a cherché à lui conserver une grande simplicité de formes : les tiroirs ont été remplacés par des soupapes, qui ont été logées dans une chapelle unique ; le réglage de la vitesse se fait sans complication par une soupape placée sous la dépendance d'un régulateur centrifuge et mûe par une petite came spéciale.

Dans le socle est logée une petite pompe d'alimentation, et un réservoir d'eau pour le refroidissement.



MOTEUR GOTENDORFF

L'allumage se fait par un dispositif magnéto-électrique, qui sera bien apprécié par ceux qui redoutent l'ennui et la dépense du montage d'une pile.

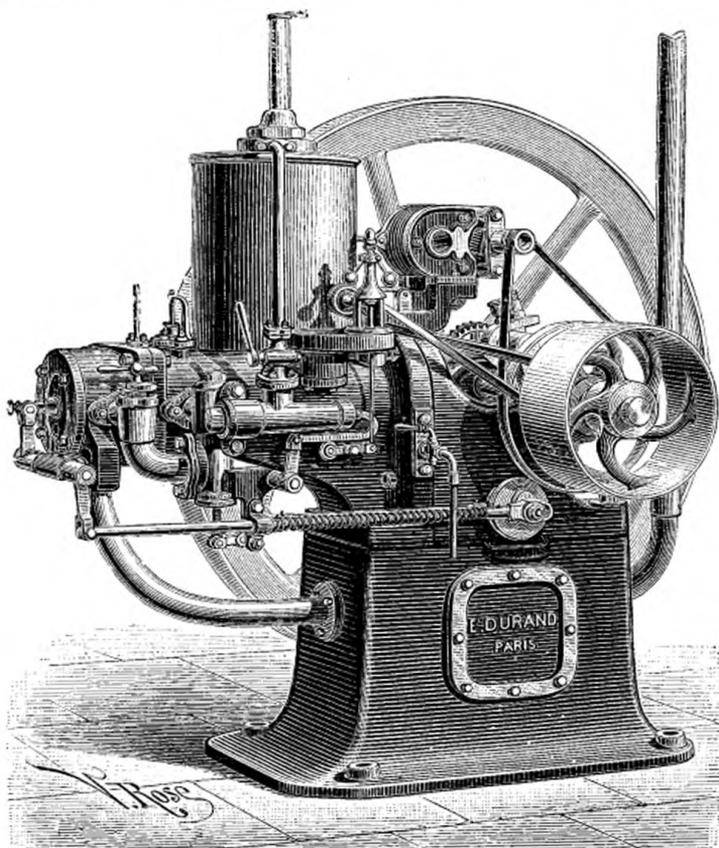
## Moteur Durand

Voici un moteur, pouvant fonctionner à volonté au gaz ou au pétrole, n'exigeant que peu de surveillance, marchant régulièrement, occupant peu de place et consommant moins que beaucoup d'autres machines qui se prétendent néanmoins les plus économiques de toutes.

M. Eugène Durand, dont les ateliers ont acquis une juste renommée pour les presses à imprimer et les machines à cigarettes, construit lui-même son moteur et il a été récompensé par une médaille d'argent.

Le moteur Durand est à 4 temps ; nous n'en décrivons que les organes d'allumage et de carburation, qui présentent un intérêt particulier.

L'allumage est électrique ; il se fait par une petite machine magnéto, pourvue d'un dispositif spécial pour recueillir l'extra-courant de rupture. Une aiguille communique avec un des balais, l'autre balai est relié à un pignon denté, lequel tourne d'une fraction de tour au moment même de l'allumage ; à chaque passage de l'aiguille d'une dent à l'autre, il jaillit une vive et chaude étincelle. Ce frottement incessant des pôles a une certaine importance au point de vue de la régularité de l'allumage : les conducteurs, incessamment avivés, sont toujours à nu et aucun obstacle ne s'oppose au passage de l'étincelle ; il n'y a donc jamais de ratés.



MOTEUR DURAND

Le carburateur Durand est automatique, et non seulement il fonctionne tout seul, mais encore il se règle de lui-même. Il est formé d'un récipient cylindrique, hermétiquement clos, rempli de pétrole ; un macaron poreux, en liège, flotte à la surface du liquide et s'en imprègne complètement. C'est une éponge au milieu de laquelle débouche l'air à carburer, par l'intermédiaire d'un tuyau qui traverse, à frottement doux, le couvercle du carburateur : l'évaporation est donc toujours superficielle. Le pétrole employé est une essence relativement lourde

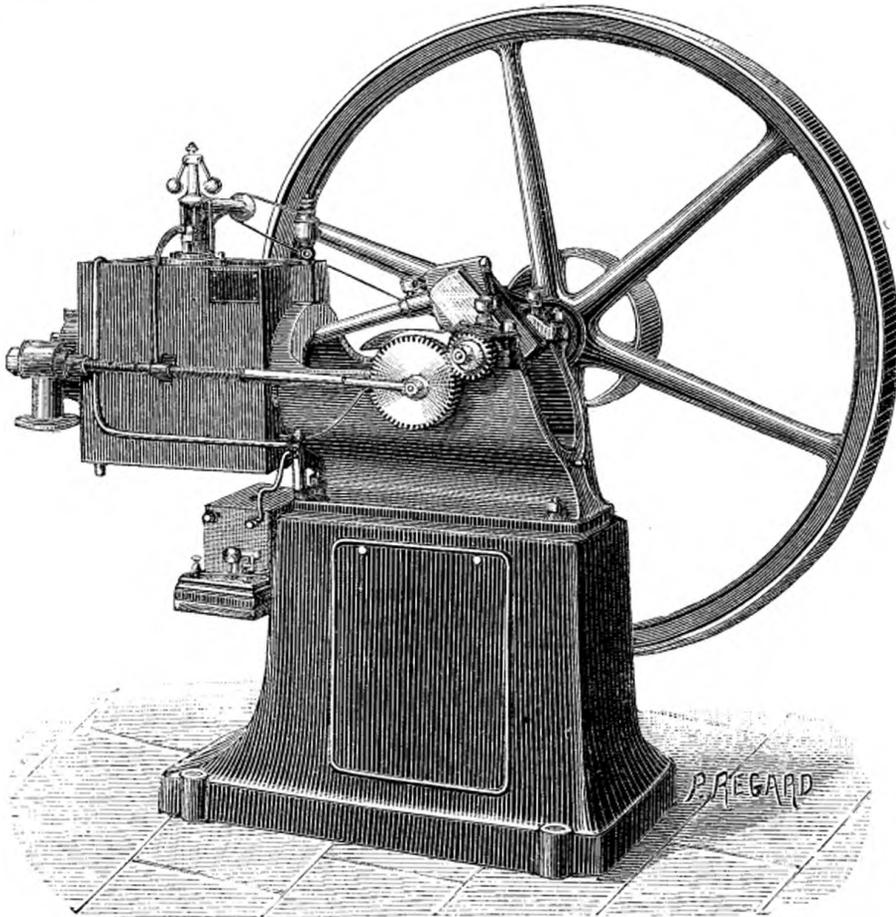
dont la densité est comprise entre 0,70 et 0,72 : on peut se la procurer partout.

Nous avons constaté que l'appareil Durand fonctionne très bien. On nous a fait remarquer que la soupape d'échappement est rodable sur son siège, même en marche, comme le sont d'ailleurs toutes les autres soupapes de la machine.

M. Durand nous a communiqué les résultats d'essais faits sur un moteur de deux chevaux : la consommation de gaz a été de 712 litres par cheval-heure ; en employant un carburateur, le même moteur a consommé 667 centilitres d'essence à 0,695.

### Moteur Salomon et Tenting

On pouvait étudier ce moteur au Pavillon du gaz et sur la berge de la Seine.



MOTEUR SALOMON ET TENTING

C'est encore un moteur à 4 temps, de forme très ramassée, sans tiroir : de grandes ailettes sont venues de fonte avec le cylindre et elles produisent un refroidissement assez intense pour que des moteurs de quatre chevaux puissent fonctionner sans circulation d'eau.

L'inflammation du mélange tonnant se fait par l'étincelle électrique : des piles alimentent une bobine d'induction à la façon ordinaire, mais les inventeurs signalent dans leurs prospectus que le passage de l'électricité est continu et que « l'étincelle est produite dans l'allumeur au moment voulu, par une simple dérivation du courant, ce qui assure une déflagration instantanée, sans aucun retard, ni raté, sous des compressions énergiques ».

Ce moteur a obtenu une médaille d'argent.

### Moteur Martini

M. Martini avait fait breveter, en 1883, un moteur à courses variables, très ingénieux, mais un peu compliqué, dans lequel la compression se faisait avec une faible course du piston, tandis que la détente et la décharge s'opéraient avec une longue course ; l'inventeur se proposait de mieux utiliser de la sorte la détente du mélange tonnant. Cet objectif était très rationnel, mais il paraît que la pratique n'a pas sanctionné les avantages du dispositif adopté, car nous avons vu à l'Exposition un moteur Martini, exposé par M. W.-C. Horne, tout différent du moteur que nous connaissons.

Le nouveau moteur est du genre Otto, à soupapes; la soupape d'admission est commandée par une came, celle de mélange est automatique, et un excentrique actionne celle de décharge. Le régulateur agit en supprimant l'accès du mélange tonnant; mais on y a adjoint un distributeur de précision, qui modifie la richesse du mélange, sous l'action du régulateur, suivant les besoins du travail.

L'allumage est électro-magnétique.

Pour économiser les frais de socle, l'inventeur a placé les pots d'aspiration et d'échappement dans le bâti.

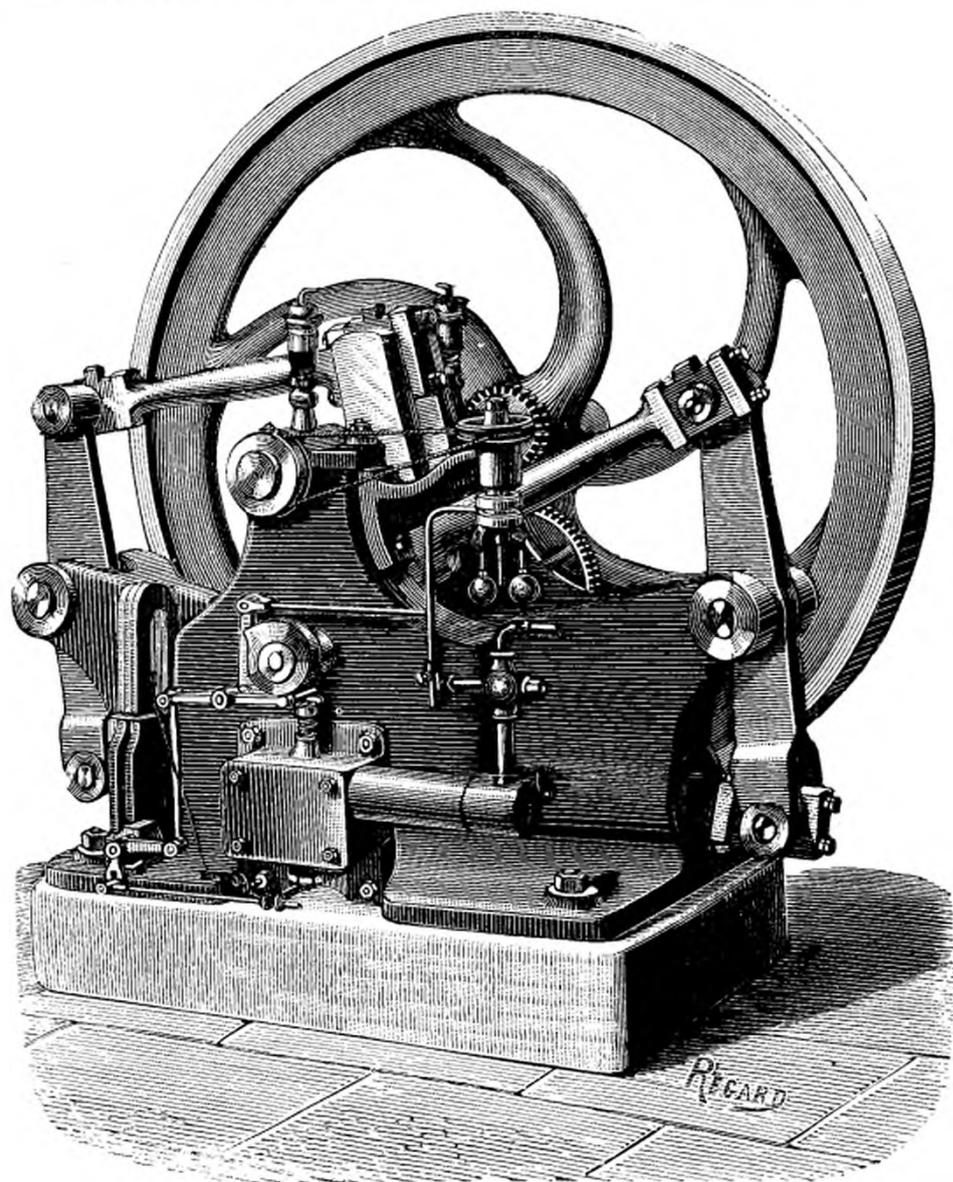
Ce moteur a obtenu une médaille de bronze.

M. de Hohenhausen, représentant de M. Horne, nous a écrit que des essais sérieux et répétés ont démontré que la consommation d'un moteur de 4 chevaux ne dépasse pas 750 litres par cheval-heure.

Le moteur Martini peut être alimenté à l'essence de pétrole; on emploie à cet effet un carburateur, qui est monté à côté de la machine, et que l'on entoure d'un bain d'eau tiède chauffée dans l'enveloppe du cylindre. La consommation d'essence est de 450 grammes par cheval-heure, dès que la puissance du moteur atteint 4 chevaux

## Moteur Pers et Forest

Ce moteur est construit par M. F. Forest à Paris et par M. Delahaye (ancienne maison Brethon) à Tours : il accomplit encore son cycle en quatre temps, comme les moteurs précédents, mais d'une manière absolument différente. En effet, les



MOTEUR PERS ET FOREST

inventeurs ont repris l'idée de Gilles et ils ont adossé deux pistons dans un même cylindre, faisant détoner entre eux le mélange explosif : la machine est donc à double effet et sans point mort, attendu que les deux pistons attaquent deux manivelles placées à  $180^\circ$  l'une de l'autre, sur le même arbre, par l'intermé-

diaire de deux balanciers avec bielles de retour. Le mécanisme est par suite extrêmement ramassé et il a une apparence très robuste : le moteur exposé faisait 6 chevaux par 180 tours et il occupait une place restreinte. C'est un des caractères les plus saillants du brevet Pers et Forest.

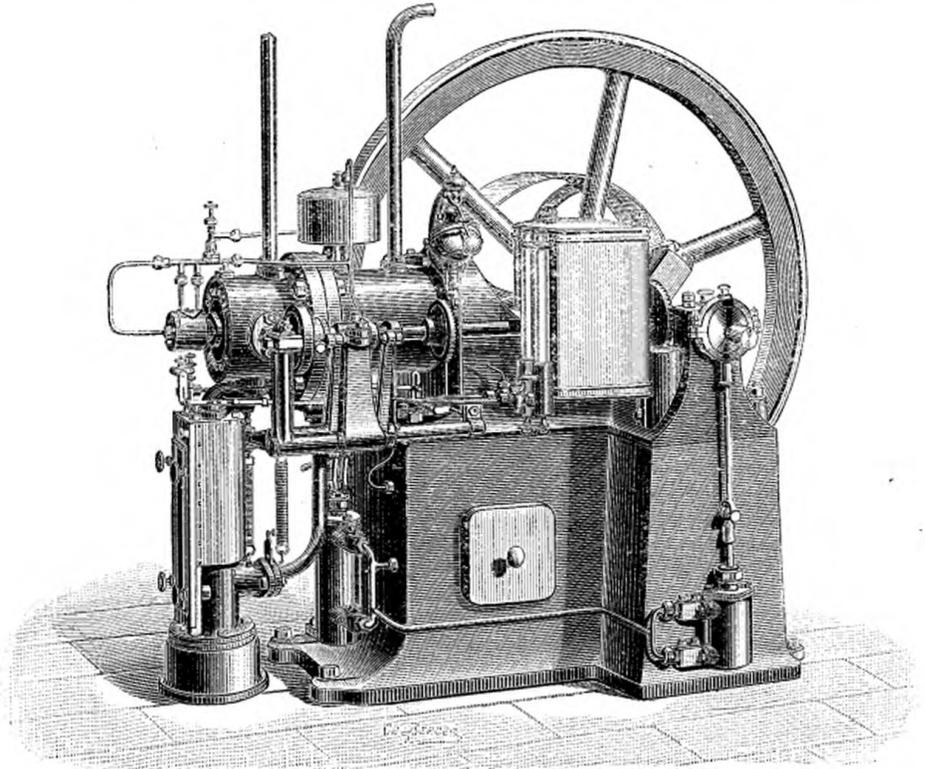
Les exposants faisaient aussi ressortir dans leurs prospectus comme un avantage important, l'entière suppression des tiroirs et leur remplacement par des soupapes d'admission et de décharge, manœuvrées par des cames. Le mélange tonnant est toujours composé d'une manière identique, mais la quantité admise est déterminée par le régulateur, ce qui est une bonne condition de marche.

L'allumage de ce moteur est fait par une magnéto sans bobine.

Cette machine a bien mérité la médaille d'argent qui lui a été accordée.

### Moteur Diederichs

Ce moteur, qui est connu sous le nom de « *Sécurité*, » a été breveté par MM. Belmont, Chaboud et Diederichs, et il est construit dans les ateliers Die-



MOTEUR DIEDERICHS

derichs, à Bourgoin, dans l'Isère : ses qualités ont été reconnues par une médaille d'argent. Un moteur de 3 chevaux, de 120 millimètres de diamètre et de 260 millimètres de course, marchant à la vitesse de 200 tours, actionnait une pompe et une dynamo Parent sur la berge de la Seine, dans l'annexe de la classe 52 : nous avons constaté qu'il fonctionnait très régulièrement. Il était alimenté au pétrole lourd, pesant 820 grammes au litre ; le régulateur proportionnait le débit du liquide aux nécessités du travail ; un jet d'air comprimé se carburait au contact du pétrole avant d'entrer dans le cycle de la machine. Une petite pompe à main donnait la pression nécessaire pour la mise en route.

Les soupapes d'admission et de décharge, placées sous le cylindre, recevaient leur mouvement de deux cames spéciales.

L'allumage se faisait par une capsule de platine incandescente.

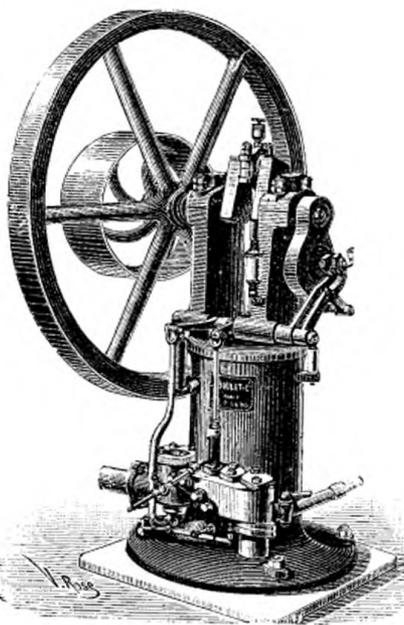
On remarquera que ce moteur peut fonctionner avec des schistes et des pétroles bruts.

## Moteur Kœrting-Lieckfeld

CONSTRUCTEUR : J. BOULET ET C<sup>ie</sup>, PARIS

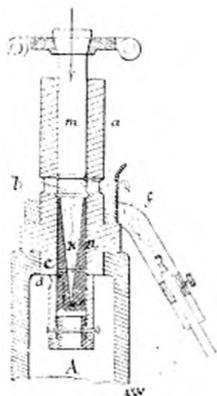
Ce moteur, qui remonte à 1879, est un des plus anciens et des meilleurs types de moteurs verticaux ; étudié par la maison Kœrting, de Hanovre, remanié par MM. Boulet et C<sup>ie</sup>, il réalise aujourd'hui un ensemble de qualités et d'avantages que le jury a voulu reconnaître par une médaille d'or.

La marche de cette machine est à quatre temps : l'entrée du gaz et de l'air, l'inflammation du mélange et l'expulsion des produits de la combustion se font par des soupapes, d'une manière fort simple : toutes ces soupapes sont disposées l'une à côté de l'autre sur le devant du moteur, et actionnées par des leviers qui sont mûs par un arbre à cames, faisant un tour pour deux de l'arbre de couche du moteur. Cet agencement, qui se comprend sans peine, réduit au minimum le nombre des pièces détachées, et il facilite beaucoup la visite et la réparation des organes principaux.



MOTEUR KÖERTING-LIECKFELD  
Construit par MM. Boulet & C<sup>ie</sup>

Une soupape de mélange règle toujours identiquement la teneur en gaz du mélange tonnant : ce mélange est aspiré, dans la première phase du cycle, à travers une soupape automatique de retenue, et comprimé par le mouvement rétrograde du piston. L'allumage est effectué par l'ingénieuse fusée Kœrting, dont nous expliquerons tout à l'heure le principe ; enfin, dans la quatrième phase, les gaz brûlés sont rejetés du cylindre. Or, c'est par l'échappement que MM. Boulet et C<sup>ie</sup> ont modifié surtout le moteur primitif ; ces gaz brûlés sont rejetés à l'air, en marche normale ; mais, dans le cas d'une vitesse exagérée, ces mêmes produits sont réintroduits dans le cycle, et ils le parcourent à nouveau sans produire d'énergie, ce qui suffit pour rétablir l'équilibre entre le travail moteur et le travail résistant, et ramener la machine à la vitesse voulue. Cette réaspiration des gaz, après leur détonation, s'obtient sans complication, en laissant grande ouverte la soupape d'évacuation, et en appuyant sur la soupape automatique de retenue pour l'empêcher de se soulever et la conserver étanche.



FUSÉE D'ALLUMAGE

La fusée d'allumage est une application d'un principe de physique peu connu, mais dont Kœrting avait su tirer un parti excellent. Quand un gaz s'écoule d'un réservoir avec une certaine vitesse, par un conduit conique, sa pression décroît dans ses tranches successives depuis la pression du réservoir duquel il sort jusqu'à celle de l'atmosphère dans laquelle il pénètre. Or, supposons que ce gaz soit combustible, et qu'on l'ait allumé en présentant une flamme à l'extrémité la plus évasée du conduit ; on verra la carburation se propager en sens inverse du courant jusqu'au point où la vitesse du gaz est égale à la vitesse de propagation de la flamme dans ce milieu ; elle n'ira pas au delà. Qu'on ferme alors brusquement le conduit en couvrant la partie évasée, aussitôt il se produit une sorte d'ex-

plosion, et la flamme fait éruption à travers l'extrémité la plus étranglée du conduit. C'est ainsi que procède Kœrting : une tuyère conique est en communication, par sa partie effilée, avec le mélange tonnant du cylindre, par sa partie évasée, avec un brûleur permanent ; un obturateur, venant à appuyer sur la tuyère et à se fermer, aussitôt une flamme jaillit par l'orifice étroit de la tuyère et opère l'allumage.

Il nous reste à signaler quelques particularités du moteur Boulet. Le régulateur est formé par un secteur de grande masse placé dans l'intérieur d'une des roues dentées ; lorsque la vitesse du moteur dépasse le régime normal, cette masse est écartée du centre de rotation par la force centrifuge, et elle vient agir sur un levier qui maintient ouverte la soupape d'échauffement, ainsi que nous l'avons dit plus haut.

MM. Boulet et C<sup>ie</sup> revendiquent pour leur moteur une grande économie d'huile de graissage, laquelle est débitée goutte à goutte par un appareil spécial ; une machine de 2 chevaux ne dépenserait que 10 centimes d'huile par jour.

La consommation de gaz paraît être de 800 à 1,000 litres par cheval-heure (1).

## Moteur Adam

Cette machine, qui est construite par M. J. Dulait de Charleroi (Belgique), (Société *Electricité et hydraulique*), présente des liens de parenté indiscutables avec le moteur Boulet décrit ci-dessus : même disposition du cylindre, combinaison analogue des soupapes, emploi identique d'une fusée d'allumage spéciale, même régulation de la vitesse par la réintroduction des gaz brûlés dans le cycle, voilà les caractères communs des deux types ; les détails de construction différent toutefois suffisamment pour conserver à chacun d'eux son individualité propre, ainsi qu'on pourra en juger par ce qui suit.

Le moteur Adam est du type vertical, à piston creux et ouvert, directement relié à l'arbre coudé supérieur : un arbre de distribution, disposé parallèlement au premier et au-dessous de lui, tourne à une vitesse moitié moindre, et fait mouvoir, par des cames et des tiges verticales, la fusée d'allumage et la soupape de décharge. Ces soupapes sont placées en batterie aux pieds du cylindre ; la soupape automatique de mélange et d'admission est à droite, celle d'échappement à gauche et l'appareil d'allumage au milieu. Le cycle étant à 4 temps, il est aisé de comprendre le fonctionnement du moteur.

Les organes de cette machine, qui sont robustes, simples, bien dessinés et bien construits, méritent une description spéciale.

La soupape d'admission est automobile et s'ouvre d'elle-même pendant que le piston aspire les gaz dans sa période ascendante. Deux canaux, dont les sections sont dans un rapport déterminé pour constituer un bon mélange, débitent le gaz et l'air et assurent leur parfaite diffusion en faisant converger les courants vers la soupape. Un ressort, qui peut être tendu à volonté, assure l'étanchéité de cette soupape sans compromettre la liberté de ses mouvements : il est assez dur pour qu'il ne passe pas de gaz dans le cas où l'échappement serait resté ouvert au moment de la marche ascensionnelle du piston. C'est ainsi que s'opère la réintroduction dans le cycle des gaz brûlés, quand la vitesse du moteur devient excessive ; le régulateur déplace alors la came qui fait mouvoir la soupape

(1) Le moteur Kœrting-Lickfeld se construit encore en Allemagne, et la *Société Suisse* pour la construction des locomotives et des machines, dont le siège est à Winterthur, exposait une machine à deux cylindres verticaux, dont la construction excellente et soignée, attirait l'attention des visiteurs et que nous nous serions reproché de ne pas signaler dans notre travail.

de décharge et cette soupape reste ouverte, le piston réaspirant les produits de combustion qu'il vient de rejeter dans le canal d'évacuation du moteur.

L'appareil d'inflammation est assurément la partie la plus originale du moteur Adam : comme dans le moteur Kœrting-Boulet, une fusée creuse emprisonne la flamme sous pression et la refoule, en temps voulu, dans le cylindre renfermant la charge tonnante, dont l'explosion fera remonter le piston. La fusée est ornée d'un cylindre de fonte, glissant dans une douille de même métal ; cette fusée fait soupape par sa partie inférieure et elle est soumise à l'action d'un petit piston, qui, en appuyant de haut en bas, obture le haut du cylindre et détache la soupape de son siège. Voici dès lors ce qui se passe : les gaz tonnants comprimés sous le piston, dans le cylindre, envahissent la fusée en traversant d'étroits orifices percés dans la douille et viennent s'allumer au contact d'une veilleuse ; mais à ce moment le petit piston s'abaisse, ferme la fusée par le haut et, en continuant d'appuyer, il ouvre une issue, par le bas, à la flamme comprimée, laquelle forme chalumeau vers le cylindre et provoque la détonation.

Ce moteur marche régulièrement et il paraît donner de bons résultats dans la pratique : les soupapes, qui sont à pivot, restent bien étanches et le mécanisme, fort bien construit, est très robuste.

La maison « Electricité et Hydraulique » construit des moteurs à deux cylindres conjugués d'un type fort bien étudié ; les deux bielles actionnent une même manivelle sous des angles différents ; les appareils de distribution sont appliqués côte à côte contre un solide bâti triangulaire, dans lequel les cylindres sont engagés ; le modèle permet d'aborder des puissances de 60 chevaux ; au delà, les moteurs sont à quatre cylindres.

Les moteurs Adam ont été honorés d'une médaille d'or.

## Moteur Ragot

Ce moteur, récompensé par une médaille d'argent, était visible dans l'avenue de La Bourdonnais, sous l'auvent de la classe 52, en face de la taillerie de diamants du Cap, et nous craignons qu'il n'ait échappé à l'attention d'un certain nombre de visiteurs. Il était exposé par la *Société anonyme des moteurs inexplosibles au pétrole ordinaire et au gaz* de Bruxelles.

Cette machine est alimentée au pétrole ordinaire, de densité 0,820, de la manière suivante : le liquide vient goutte à goutte sous une cloche, qui est chauffée par les gaz de la décharge ; grâce à la température de ces gaz, le carbure se volatilise entièrement dans l'air appelé à travers la cloche. Pour la mise en train, on obtient la température voulue à l'aide d'une petite lampe.

Le type de ce moteur est vertical ; on peut l'alimenter de gaz aussi bien que

d'air carburé. Le cycle est à quatre temps : la distribution est faite par des cames montées sur un arbre spécial, disposé en-dessous de l'arbre moteur et possédant une vitesse moitié moindre. Il n'y a dans cette machine aucun tiroir ; les soupapes sont mues par des tringles pendantes agissant sur des leviers.

Le régulateur limite l'admission du mélange explosif.

L'allumage est électrique.

Le moteur exposé était de cinq chevaux ; il consommait 400 grammes de pétrole par cheval-heure et on employait son énergie à mouvoir une dynamo Gramme, qui alimentait une série de lampes à incandescence, dont la fixité attestait aux yeux la régularité de marche de cette machine. L'exposant faisait ressortir l'absence de tout danger d'explosion ou d'incendie et il insistait sur le bas prix de revient de l'unité de travail : cette dernière considération est surtout importante dans les pays étrangers et notamment en Belgique, où l'huile lampante de pétrole ne coûte guère que 15 à 20 centimes le litre. En France, au contraire, le pétrole est grevé de droits d'entrée excessifs, et il arrive ainsi que 400 grammes de pétrole sont au même prix qu'un mètre cube de gaz dans la plupart des villes importantes.

### Moteur Taylor

Ce moteur se présente sous deux types, l'un horizontal, dit *Midland*, l'autre vertical, dit moteur *Dot* : Ils sont construits par MM. Taylor et fils, de Nottingham (Angleterre), qui ont obtenu une médaille d'argent. L'excellente construction de cette machine a certainement contribué à ce beau succès.

L'inventeur a cherché à obtenir une impulsion par révolution, sans abandonner le type à quatre temps ; à cet effet, deux cylindres, enfermés dans une même enveloppe cylindrique, sont accouplés parallèlement et attaquent les deux manivelles contigues d'un double vilebrequin.

Les tiroirs ont été remplacés par des soupapes disposées à l'arrière du cylindre ; un ingénieux dispositif permet de faire graduer la quantité de gaz admise par le régulateur. Les vitesses normales sont considérables ; elles sont de 170 tours pour le *Midland*, et de 280 pour le *Dot*.

On assure que la consommation ne dépasse pas 600 litres par cheval-heure.

### Moteur Lalbin

C'est encore un moteur à compression, marchant à quatre temps, mais l'inventeur a réuni trois cylindres moteurs autour d'un même arbre, et il a obtenu de la sorte une action motrice presque constante sur la manivelle, ce qui lui a

permis de supprimer, pour ainsi dire, le volant, ou du moins d'en diminuer considérablement l'importance.

Les trois cylindres sont placés radialement dans un même plan perpendiculaire à l'axe de rotation de l'arbre : les trois manivelles sont donc à 120 degrés l'une de l'autre.

Les cylindres agissent successivement, et se commandent les uns les autres : chacun d'eux a sa soupape d'aspiration et sa soupape de décharge, toutes deux renfermées dans une même chapelle avec la tige d'allumage ; ces organes sont commandés par un tambour à cames ayant son centre sur l'arbre moteur.

Le cycle de chaque cylindre se compose de quatre opérations : aspiration, compression, détonation motrice et refoulement ; en l'absence de volant, c'est toujours un cylindre qui met en mouvement les deux autres pistons. Le tambour de distribution tourne en sens contraire de la manivelle et à une vitesse moitié moindre ; cette rotation est obtenue, soit par des engrenages extérieurs, soit par des engrenages intérieurs.

Les cames soulèvent les clapets par l'intermédiaire d'un taquet auxiliaire, guidé en ligne droite par un support robuste, de manière à ne transmettre aux clapets qu'une commande en ligne droite ; cette précaution était nécessaire, sinon les efforts latéraux eussent faussé les tiges et compromis l'étanchéité des soupapes.

Le réglage de la vitesse se fait par une poulie à force centrifuge, qui agit sur le robinet d'admission du gaz.

Ces ingénieuses combinaisons ont permis à M. Lalbin de construire des machines d'un demi-cheval, pesant 40 kilogrammes, de 2,5 chevaux, pesant 100 kilogrammes, de 8 chevaux, pesant 280 kilogrammes, soit 35 kilogrammes par cheval : on n'avait jamais réalisé une semblable légèreté. Aussi promettons-nous le plus bel avenir au moteur Lalbin, dont l'application s'imposera aux véhicules de toute espèce, voitures et tricycles, aux bateaux de plaisance, et, à bord des navires, pour les virages, les commandes de pompes d'épuisement, de pompes à incendie, etc. (1).

Ce moteur est arrivé trop tard à l'Exposition pour pouvoir être examiné par le jury.

M. Lalbin indique une consommation de 320 grammes de pétrole par cheval-heure.

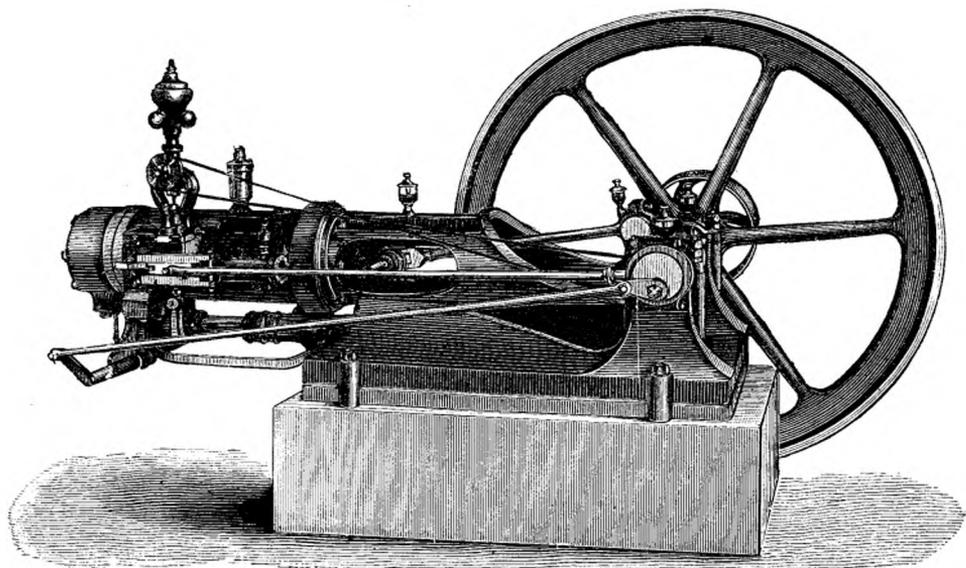
(1) Un canot de plaisance, construit par M. Oriolle, a rencontré l'*Erdre*, de Nantes à Sucé, avec une vitesse de 12 kilomètres, soit de 7 nœuds à l'heure.

## DEUXIÈME GENRE

## Moteur Benz

La propriété de ce brevet a été acquise par M. Roger ; les constructeurs sont MM. Panhard et Levassor.

Ce moteur est le type, maintes fois imité et reproduit, des moteurs opérant la compression du mélange tonnant dans le cylindre de travail, et faisant correspondre cependant à chaque tour de l'arbre du volant un coup de piston efficace. Benz a réalisé cet objectif d'une manière très élégante, et je n'ai rien à

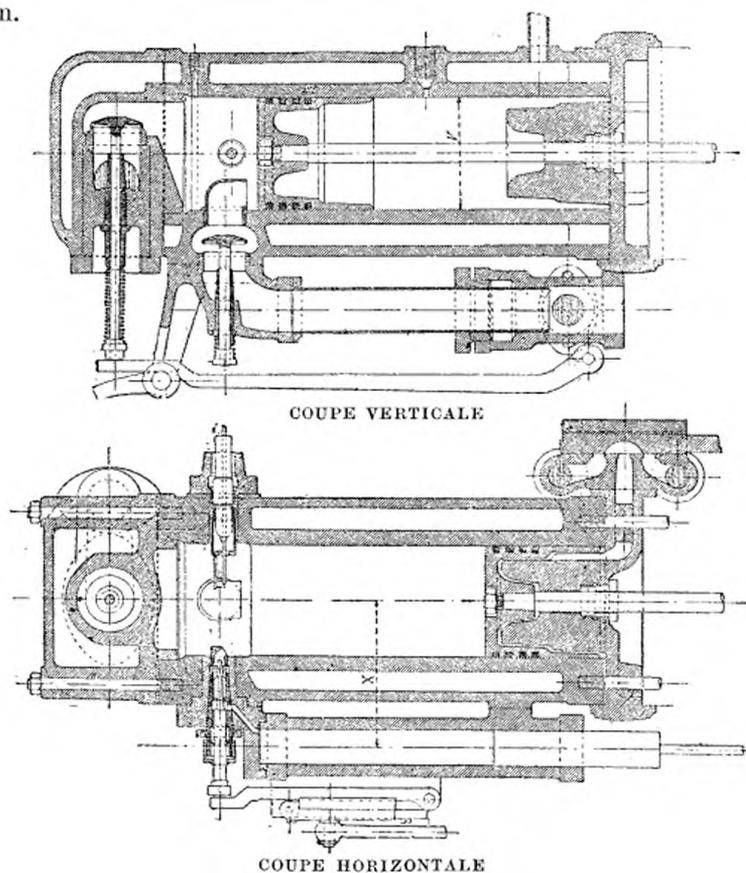


MOTEUR BENZ

retrancher des éloges accordés à sa machine dans la première édition de mon *Traité des Moteurs à gaz* ; j'ai dit d'ailleurs plus haut ce qu'il fallait penser de cette classe de moteurs, et je n'y reviendrai pas.

Considéré dans ses grandes lignes, le moteur Benz-Roger ne présente rien de particulier : le cylindre, placé comme toujours en porte-à-faux, est boulonné à un bâti Corliss, et l'attaque de la manivelle se fait à l'ordinaire. Remarquons toutefois, que le cylindre n'est plus ouvert par devant, comme dans les moteurs

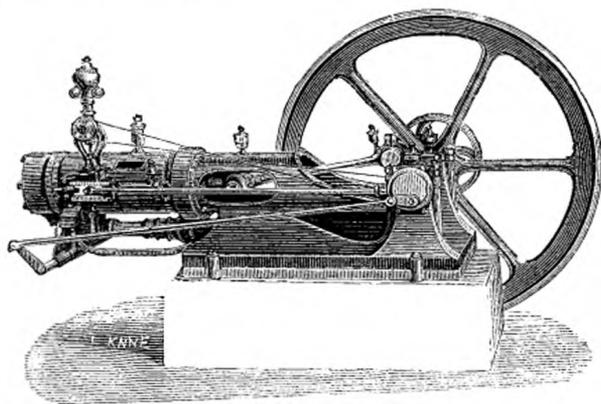
du genre Otto; en fermant sa partie antérieure, le constructeur a trouvé le moyen de comprimer de l'air par la face-avant du piston, tout en faisant exploser les gaz sur la face-arrière. L'air est pris dans l'atmosphère et refoulé dans un tuyau qui le mène de l'avant à la partie postérieure du cylindre, par le jeu d'un tiroir plat actionné par un excentrique spécial; mais il doit franchir une soupape d'injection qui limite et règle son entrée dans la chambre de combustion.



D'autre part, une petite pompe, attachée aux côtés du cylindre, comprime le gaz combustible et alimente le cylindre moteur; le piston plongeur de cette pompe est fixé par une traverse à la tige du piston moteur et partage son mouvement. Le gaz est prélevé sur la conduite, à travers une soupape d'aspiration, qui est sous la dépendance du régulateur; le refoulement s'opère à travers une autre soupape, mue par un levier à coin qui est commandé par un excentrique spécial.

A la partie inférieure du cylindre, et vers l'arrière, se trouve une soupape de décharge actionnée par une tringle attachée à une petite contre-manivelle de l'arbre de couche.

Ces détails connus, il nous sera aisé de décrire le cycle de cette machine. Considérons le moment où, sous l'action de l'explosion et de la détente, le piston atteint l'extrémité arrière du cylindre : l'inertie du volant lui fait franchir le point mort et le ramène vers l'avant du cylindre, en même temps que la soupape d'échappement ouvre une issue aux gaz brûlés, qui se déchargent dans l'atmosphère. Benz s'est proposé de produire une évacuation rapide et complète de ces gaz dès la demi-course rétrograde du piston : à cet effet, il injecte dans le cylindre un certain volume d'air forcé, qui expulse les produits de la combustion et s'y substitue derrière le piston. Voilà donc qu'au milieu de la course arrière, le cylindre ne contient plus que de l'air pur : à ce moment, toutes les communications se ferment avec l'extérieur et la compression commence. Il s'agit de constituer le mélange tonnant par l'intermédiaire de la petite pompe de compression, qui foule du gaz combustible dans la chambre de combustion, de telle sorte qu'à la fin de la course l'explosion puisse être provoquée.



MOTEUR BENZ, type construit par M. Roger, propriétaire du brevet

L'allumage est effectué par une fusée électrique, entre les pointes de laquelle jaillit une chaude étincelle fournie par une bobine d'induction. Autrefois, le courant primaire était produit par une petite machine dynamo auto-excitatrice, mais il était plus simple d'employer des piles, et c'est ce qu'on fait aujourd'hui le plus généralement. Un levier à contact détermine le moment précis de l'étincelle, et, par suite, de la mise de feu.

Tel est le moteur Benz, qui a joui d'une certaine réputation en Allemagne (Benz était de Mannheim) et en Amérique. Il est assurément très ingénieux, et sa marche est très régulière ; mais ce serait une erreur de croire que son cycle soit supérieur à celui des moteurs du genre Otto, et il faut reconnaître que la consommation des moteurs à deux temps est toujours un peu supérieure à celle des moteurs à quatre temps.

Le moteur Benz avait été honoré d'un grand prix à l'Exposition universelle

d'Anvers ; le jury de l'Exposition de Paris lui a décerné une médaille d'argent.

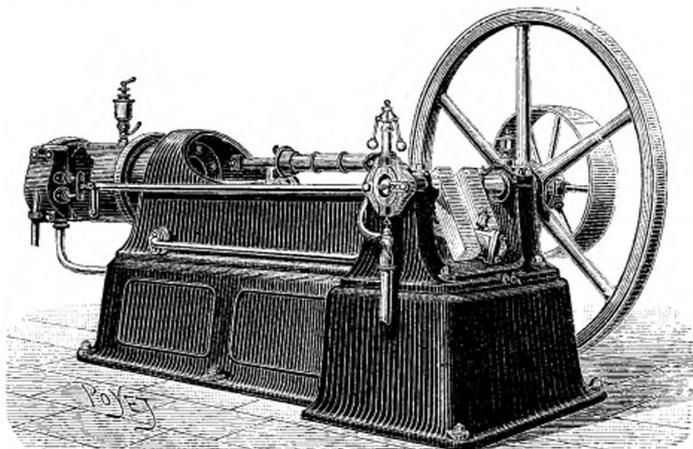
Ce moteur a l'avantage de marcher indifféremment au gaz ou au pétrole.

Un moteur de 2 chevaux fonctionnait dans le Pavillon du Gaz ; un autre, d'un type spécial pour l'alimentation par le pétrole, se trouvait dans le même pavillon. — Son allumage électro-magnétique avait permis de supprimer les piles et la bobine.

Ce même système actionnait également un bateau et une voiture.

### Moteur Ravel

Le moteur Ravel a, comme les moteurs précédents, un cylindre fermé à ses deux extrémités ; la partie antérieure sert de pompe de compression d'air, dans la marche arrière du piston, tandis que l'explosion du mélange tonnant se produit dans la partie postérieure. L'air comprimé est refoulé dans un réservoir formant le socle de la machine : sa pression atteint  $0^k,250$  à  $0^k,400$ . Comme le volume d'air dépensé est essentiellement variable, il pourrait arriver que la pression dépassât dans le réservoir la limite que le constructeur s'est imposée, et il est nécessaire qu'à certains moments une évacuation se produise, pour maintenir une tension normale ; à cet effet, un robinet rejette momentanément dans l'atmosphère une fraction déterminée du volume d'air aspiré.



MOTEUR RAVEL.

Le gaz combustible est comprimé à part par une pompe spéciale, disposée latéralement, dont la tige est reliée directement à la tête du piston moteur. Cette pompe puise le gaz dans la canalisation, et le refoule dans un réservoir, distinct du réservoir d'air, mais logé comme lui dans le bâti. La pression moyenne des deux réservoirs est la même.

Voilà donc le comburant et le combustible comprimés séparément : ils sont amenés par deux conduites, de diamètres très différents, à une boîte de distribution et traversent des soupapes plates, de grand débit, commandées par un excentrique, placé sur l'arbre moteur, par l'intermédiaire d'une longue tige articulée. Cette tige appuie, au moment voulu, sur les têtes des soupapes et les soulève légèrement de leur siège ; mais des ressorts à boudin les ramènent instantanément en place et les conservent hermétiquement étanches. M. Ravel a obtenu ainsi une extrême rapidité d'introduction ; c'était nécessaire, attendu qu'à la vitesse moyenne de 160 tours, il se produit plus de deux inflammations et demie par seconde, et que chaque introduction ne doit durer que tout au plus un dixième de seconde.

C'est seulement après leur passage à travers ces soupapes, que l'air et le gaz se mélangent : un canal, traversant la culasse du cylindre, les conduit ensemble à la chambre de combustion. Cette chambre est formée par un rétrécissement conique de la partie postérieure du cylindre : or, chose remarquable, le canal d'introduction y débouche tangentiellement ; grâce à cette disposition, les gaz prennent un mouvement de rotation hélicoïdal, auquel M. Ravel attache une extrême importance, pour des causes que nous signalerons plus loin.

Le cylindre porte, aux deux tiers environ de sa course, des ouvertures latérales aboutissant à une large soupape d'échappement.

Il nous est facile maintenant de décrire le cycle de ce moteur. Considérons le piston au moment où, lancé par l'explosion, il est arrivé au bout de sa course : les lumières d'échappement sont alors découvertes, la soupape de décharge livre issue aux gaz brûlés, qui se détendent brusquement. Presqu'aussitôt, les deux soupapes d'admission se lèvent, et le mélange tonnant envahit l'autre extrémité du cylindre ; mais, en vertu même de leur mouvement de gyration, ces gaz n'avancent que progressivement, en aidant l'expulsion des produits de la combustion, sans s'y mêler, ni se perdre par l'échappement. Ils remplissent la cavité entière du cylindre lorsque le piston revient sur lui-même en recouvrant les orifices de décharge ; toutes les soupapes sont fermées et le piston comprime la masse gazeuse explosive qui se trouve logée derrière lui. La compression achevée, un allumoir électrique met le feu, et le piston repart en avant sous cette puissante impulsion.

La vitesse normale de 160 tours est maintenue constante par un régulateur centrifuge, qui agit sur une soupape placée sur le tuyau d'introduction du gaz. Un ressort équilibre ce régulateur et permet de faire varier la vitesse de 160 à 40 tours, ce dont nous avons pu nous convaincre nous-même, ce résultat mérite d'être signalé.

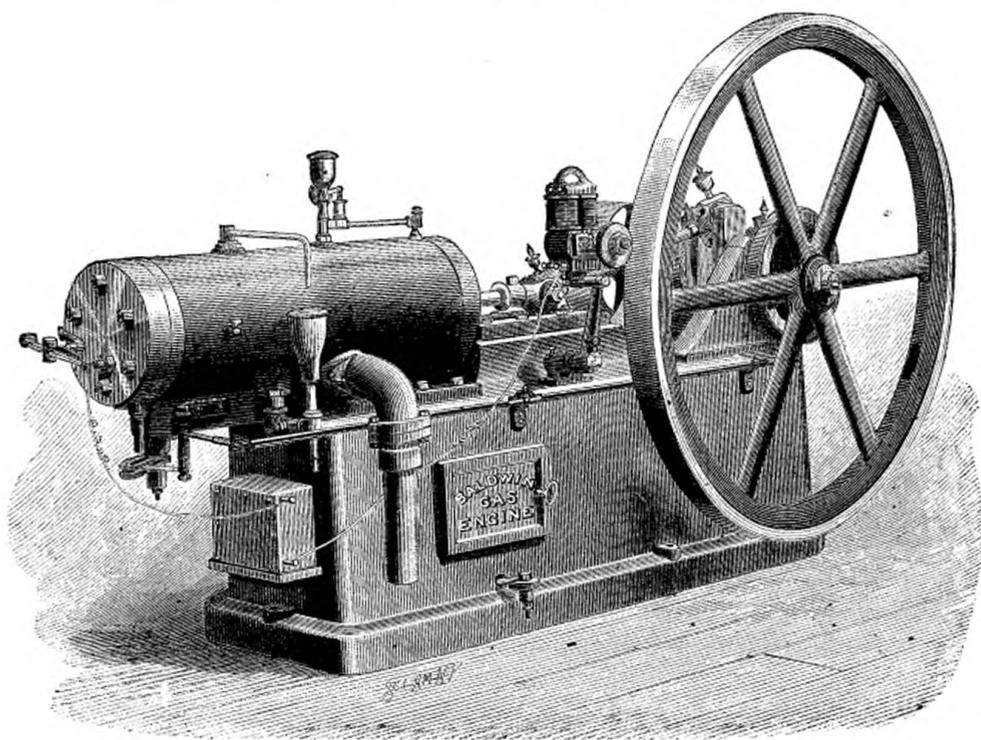
Ce moteur est très régulier, et la fixité de la lumière électrique produite en témoignait éloquemment aux yeux des visiteurs de l'Exposition. Autre avantage précieux : le poids de la machine et l'espace qu'elle occupe est extrêmement restreint.

D'après les expériences faites par M. Monnier, en avril 1889, la consommation par cheval-heure est de 1,000 litres au plus.

Le moteur Ravel est devenu la concession de la Société des Moteurs à gaz français, laquelle a obtenu une médaille de bronze : le jury aurait pu être plus généreux.

### Moteur Baldwin

*Pas de tiroir, pas de tige d'excentrique, pas de came, pas de soupape de décharge, voilà l'annonce par laquelle MM. Otis de New-York attirèrent l'attention des visiteurs sur le moteur construit dans leurs ateliers; excitée par ces affirmations paradoxales, la curiosité des plus compétents se trouvait déroutée par*



MOTEUR BALDWIN

l'examen de cette curieuse machine, dans laquelle on ne voyait de pièces en mouvement que le piston, sa tige, la bielle et la manivelle ; pour comprendre son fonctionnement il fallait le secours d'un dessin complet et d'une lumineuse description des organes cachés dans le bâti du moteur. En effet une caisse munie d'orifices à soupapes automatiques est renfermée dans ce bâti : elle communique,

par un tuyau, avec une boîte faisant corps avec le cylindre et placée immédiatement en dessous de lui ; or cette caisse, ce tuyau et cette boîte constituent un réservoir à air et à gaz, dont on ne soupçonne pas l'existence à première vue, et dont le rôle est pourtant capital.

Cette machine est à double effet, comme celle de Benz ; par sa face antérieure, le piston est compresseur, tandis qu'il est moteur par sa face arrière ; le réservoir du bâti sert d'intermédiaire entre les deux parties du cylindre. Voici comment s'effectue le cycle : dans sa marche arrière, le piston aspire d'abord un mélange d'air et de gaz toujours uniforme et il le comprime, en revenant sur lui-même, dans la partie antérieure du cylindre, d'où il passe dans le réservoir.

Ce réservoir communique, par un orifice à soupape automobile, avec la chambre de combustion, logée à l'extrémité postérieure du cylindre : dès que le piston quitte le fond, la soupape se soulève et les gaz envahissent la chambre, dans laquelle une étincelle électrique opère la mise de feu en temps voulu ; le piston est donc poussé en avant. Mais un tuyau transversal d'échappement, situé dans la paroi du cylindre, se découvre quand le cylindre arrive à dépasser son orifice ; ce tuyau livre une issue aux produits de la combustion et la décharge a lieu.

La pression baisse donc dans le cylindre et les gaz tonnants forcent de nouveau la soupape automobile et pénètrent dans la chambre de combustion : il serait à craindre qu'une partie de ces gaz se perdit par la décharge, mais un appareil, appelé *retardeur*, empêche cet effet et l'admission des gaz tonnants ne fait qu'activer le dégagement des gaz brûlés qui ne se mêlent pas à la charge nouvelle du cylindre. C'est du moins ce qu'on nous a assuré.

M. Baldwin forme le mélange tonnant le plus riche possible, et sa teneur reste toujours identique ; mais les volumes gazeux introduits dans la chambre de combustion sont réglés d'après les conditions de vitesse du moteur, par la soupape automobile d'admission, dont la levée est limitée plus ou moins par un coin, commandé par le régulateur. Le travail est aussi proportionné aux résistances à vaincre et la marche de la machine est très régulière : on emploie très bien le moteur Baldwin à la conduite des machines génératrices d'électricité et la lumière produite est parfaitement fixe.

L'allumage électrique se fait, soit par une dérivation prise sur le courant qui alimente les lampes, soit par une petite machine dynamo placée sur le moteur ; l'étincelle est réglée par un contact.

La maison Otis brothers and C<sup>o</sup>, de New-York, a remporté une médaille d'or.

Un moteur Baldwin de cinq chevaux était attelé à une dynamo Edison et produisait une lumière bien régulière ; un autre moteur de deux chevaux actionnait une pompe élévatoire.

## TROISIÈME GENRE

---

  
Moteur Griffin

Le cycle du moteur Griffin, exposé par M. Pierson, est particulier, attendu qu'il ne se produit que deux explosions tous les trois tours, mais la machine est à double effet, ce qui donne en somme une explosion par tour et demi.

Voici comment se succèdent les diverses opérations du cycle : 1° aspiration du mélange d'air et de gaz ; 2° compression du mélange ; 3° course motrice, par allumage, explosion et détente ; 4° refoulement des gaz brûlés ; 5° aspiration d'une chasse d'air pour compléter l'expulsion des produits de la combustion ; 6° échappement de cette chasse d'air.

L'allumage a lieu par transport de flamme par un tiroir, commandé par une bielle ; le même tiroir est chargé de l'admission ; ces lumières mettent tour à tour le cylindre en communication, soit avec la conduite du gaz, soit avec l'atmosphère et cette conduite, soit avec le bec allumeur ou avec l'atmosphère seulement, suivant l'ordre des opérations du cycle. La valve du gaz est donc ouverte à chaque tour et demi du volant : le régulateur fait avancer plus ou moins un taquet triangulaire, placé sur la tête de la valve, et la maintient ouverte un temps plus ou moins long, de manière à conserver la vitesse constante.

L'échappement a lieu par deux soupapes, mues par des cames, qui les ouvrent chaque tour et demi et opèrent alternativement la décharge des gaz brûlés à l'avant et à l'arrière du cylindre.

Un moteur Griffin de 12 chevaux a consommé 792 litres par cheval et par heure dans les essais comparatifs de la *Société des Arts de Londres* : la puissance calorifique du gaz employé était de 5510 calories par mètre cube.

---

# LES GÉNÉRATEURS A L'EXPOSITION

PAR

MM. BOUGAREL & MONIN

---

## I

Les générateurs de vapeur exposés sont rangés dans la classe 52. Parmi ces appareils, un certain nombre ont été installés pour assurer le service de la force motrice dans le Palais des Machines ; les appareils inertes ont été placés à l'intérieur du Palais dans l'emplacement réservé à la classe 52. Quelques autres générateurs assurent le fonctionnement de divers services, entre autres celui des machines élévatoires de la berge du Quai d'Orsay et de la Tour Eiffel, des stations d'électricité, du Palais des produits alimentaires, du Palais de la République argentine, etc.

Nous allons examiner successivement ces diverses installations, au double point de vue des modes d'installations mêmes, et de la nature des appareils exposés.

### SERVICE DE LA FORCE MOTRICE DU PALAIS DES MACHINES.

Le service de la force motrice dans le Palais des Machines est assuré par onze installations de générateurs, répartis en sept groupes de production. Six de ces groupes sont placés dans la partie de l'Exposition appelée Cour de la force motrice, et située entre le Palais des machines et l'avenue de la Motte-Piquet. Le septième est situé dans le jardin d'isolement des stations d'électricité entre le Palais des Machines et les galeries des Expositions diverses du côté de l'avenue de la Bourdonnais.

La Cour de la force motrice a pour longueur la largeur totale du Champ de Mars, soit 470 mètres environ et 29 mètres de largeur. Les six premiers groupes

Nous aurions voulu pouvoir publier les diverses études sur les chaudières suivant l'ordre des groupes désignés au début de cet article; certains renseignements ne nous étant parvenus que tardivement, l'exigence du tirage nous a empêché de suivre cet ordre.

N. D. L. R.

de générateurs y sont rangés sur une ligne de bâtiments dont les façades alignées sont distantes de 15<sup>m</sup>,50 de la façade du Palais des Machines. La répartition des installations de générateurs y a été faite de la manière suivante :

Groupe n° 1. — M. Fontaine, La Madeleine lez Lille (Nord) ; M. Dulac, 74, rue des Boulets, Paris.

Groupe n° 2. — Compagnie de Fives-Lille.

» Société centrale de construction de machines de Pantin (Weyher et Richemond).

Groupe n° 3. — M. J. Belleville et C<sup>e</sup>, chantiers de l'Hermitage à Saint-Denis (Seine).

Groupe n° 4. — M. de Naeyer et C<sup>e</sup> à Willebroeck (Belgique).

Groupe n° 5. — MM. Roser, rue Petit à Saint-Denis (Seine) ; MM. Daydé et Pillé (anciens établissements Lebrun) à Creil (Oise).

Groupe n° 6. — M. Cd. Knap, constructeur à Londres ; La Compagnie Babcock et Wilcox à New-York et Glasgow.

Dans le jardin d'isolement des stations centrales d'électricité, est installé le :

Groupe n° 7. — Générateurs de MM. Davey Paxman et C<sup>e</sup>, constructeurs à Colchester (Angleterre).

Générateurs des stations du Syndicat international des Electriciens et de la Société pour la transmission de la force par l'électricité.

Avant d'aborder en détail l'étude des différents types de chaudières à vapeur exposés, nous donnerons les documents qui ont servi de base à l'établissement des générateurs fournissant la force motrice au Palais des Machines. Ces documents pourront rendre d'utiles services.

---

## CONDITIONS GÉNÉRALES DES MARCHÉS

### à passer pour la mise en mouvement des appareils mécaniques exposés

---

#### I. — OBJET DE LA FOURNITURE DE LA FORCE MOTRICE.

Les articles 33 et 34 du Règlement général de l'Exposition universelle de 1889 ont déterminé les conditions dans lesquelles les appareils mécaniques pourront être mis en marche.

Ces articles sont ainsi conçus :

ART. 33. — *Les constructeurs d'appareils exigeant l'emploi de l'eau, du gaz ou de la vapeur, doivent déclarer, soit en faisant leur demande d'admission, soit par l'entremise des délégués étrangers, la quantité d'eau, de gaz ou de vapeur qui leur est nécessaire.*

*Ceux qui veulent mettre des machines en mouvement indiqueront quelle sera la vitesse propre de chacune de ces machines et la force motrice dont elle aura besoin.*

ART. 34. — *L'eau, le gaz, la vapeur et la force motrice pour les galeries des machines seront concédés gratuitement.*

*La force sera prise sur l'arbre de couche de la transmission générale.*

*L'établissement de toutes les transmissions intermédiaires restera à la charge des exposants.*

L'Administration a décidé que les générateurs, les tuyaux de conduite de vapeur, de gaz et d'eau, les machines motrices, les arbres de couche de la transmission générale et les supports de ces arbres seront demandés exclusivement à des exposants agréés par elle.

L'Administration a décidé, en outre, qu'elle pourra traiter séparément avec chacun des exposants, pour chacune de ces fournitures, ou avec des syndicats formés par ces exposants. A cet effet, la Galerie des Machines sera divisée en autant de sections qu'il sera nécessaire, pour donner satisfaction au plus grand nombre possible de demandes, sans toutefois que cette division puisse nuire à l'harmonie qu'il importe de conserver dans l'ensemble.

Tout ce qui contribuera au service des machines en mouvement sera considéré

comme objet exposé et admis au concours pour l'obtention des récompenses. Il en sera fait mention dans le catalogue de l'Exposition.

Il est utile de rappeler ici les articles 7, 10, 20 et 39 du Règlement général ; ils sont ainsi conçus :

ART. 7. — *Cette Commission (consultative de contrôle et de finances) est consultée par le Ministre sur toutes les questions intéressant la gestion financière de l'Exposition.*

*Il ne pourra être passé outre à son avis toutes les fois qu'il s'agira de questions concernant les recettes de toute nature à percevoir à l'occasion de l'Exposition.*

ART. 10. — *Les Directeurs généraux, nommés dans les conditions définies par le décret du 28 juillet 1886, sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de préparer et de soumettre au Ministre, Commissaire général, les projets relatifs à la construction, à l'appropriation et à l'exploitation de l'Exposition.*

*Ils ont entrée, avec voix consultative, à toutes les séances de la Commission de contrôle et de finances et aux séances des commissions saisies d'affaires ressortissant à leurs services respectifs.*

ART. 20. — *Aux termes du décret rendu en date du 25 août 1886 (pièce annexe n° 3), l'Exposition est constituée en entrepôt réel ; en conséquence les produits exposés sont affranchis des droits et des visites de l'octroi de Paris ainsi que la douane française.*

ART. 39. — *L'État prendra des mesures pour protéger contre toute avarie les produits exposés ; mais il ne sera, en aucune façon, responsable des accidents, incendies, dégâts ou dommages dont ils auraient à souffrir, quelle qu'en soit la cause ou l'importance. Il laisse aux exposants le soin d'assurer leurs produits, directement et à leurs frais, s'ils jugent à propos de le faire.*

## II. — MODE DE MISE EN MARCHÉ DES APPAREILS EXPOSÉS.

Dans chaque section, les divers appareils exposés et admis à fonctionner seront mis en mouvement à l'aide des machines motrices exposées et des transmissions que ces machines actionneront.

Les générateurs, les tuyaux de conduite, les machines, les transmissions et tous autres appareils se rapportant à la mise en mouvement seront disposés de manière à se prêter à toutes les expériences que la Direction générale de l'Exploitation jugera utile de faire pour apprécier les qualités de ces divers appareils.

## III. — DURÉE DE LA FOURNITURE.

La durée de la fourniture est celle de l'Exposition elle-même, c'est-à-dire du 5 mai 1889 au 31 octobre suivant.

L'Administration de l'Exposition aura le droit de prolonger ou de diminuer cette durée, sans cependant que l'augmentation ou la diminution puisse excéder cinquante jours.

Le prix payé aux fournisseurs, pour la partie des dépenses afférentes au service journalier, sera augmenté ou diminué proportionnellement au nombre de jours ajoutés ou retranchés.

Il ne sera fait de ce chef aucune modification à la partie des dépenses considérées comme frais de premier établissement.

## IV. — DURÉE DU TRAVAIL JOURNALIER.

La durée du travail journalier est fixé à huit heures : de 10 heures du matin à 6 heures du soir, y compris une heure de repos ; c'est donc, en définitive, une marche effective de sept heures, divisée en deux séances séparées l'une de l'autre par un repos dont l'heure sera fixée par la Direction générale de l'Exploitation.

Toutefois, celle-ci se réserve, soit pour les opérations du Jury, soit pour tout autre motif, de modifier la période de travail ci-dessus indiquée et même d'en augmenter la durée effective, sauf, dans ce dernier cas, à indemniser les fournisseurs.

Les fournisseurs seront tenus de mettre en tout temps la puissance, qu'ils prendront l'engagement de produire, à la disposition des exposants.

Les fournisseurs pourront avoir droit à un jour de repos par mois, pour les visites, nettoyages et petites réparations à effectuer, soit aux générateurs, soit aux machines motrices, soit aux transmissions. Ce jour de repos, quand il ne sera pas motivé par un accident, sera fixé par la Direction générale de l'Exploitation de l'Exposition.

## V. — MACHINES MOTRICES.

Les machines motrices pourront être mises en action soit par la vapeur, soit par le gaz d'éclairage, soit par l'air chaud, soit par l'air comprimé ou raréfié, soit par l'eau sous pression, soit par l'électricité.

## VI. — POSITIONS DES GÉNÉRATEURS DE FORCE MOTRICE.

Les générateurs de vapeur et les réservoirs de gaz combustible ou d'air comprimé seront placés à l'extérieur de la galerie des Machines, dans les endroits qui seront désignés par la Direction générale de l'exploitation, conformément aux plans arrêtés de concert avec les fournisseurs.

Tous les appareils exigeant l'emploi de la houille devront fonctionner sans fumée opaque. La Direction générale de l'Exploitation se réserve, à cet égard, le droit de faire des expériences pour apprécier les dispositions de nature à s'opposer à la production de cette fumée.

Les générateurs de vapeur seront soumis aux prescriptions des règlements d'administration publique concernant les appareils à vapeur.

Chaque fournisseur d'un générateur à vapeur ou d'un groupe de ces appareils sera tenu d'indiquer la section qu'il serait nécessaire de donner à la cheminée dont le service mécanique lui fixera le minimum de hauteur, pour assurer un tirage suffisant des foyers ; mais la Direction générale de l'Exploitation se réserve le droit d'autoriser chaque fournisseur à établir une cheminée spéciale, ou de lui imposer l'obligation de conduire la fumée de ses foyers à une cheminée commune à plusieurs groupes, après entente avec ce fournisseur sur les dispositions qui seront prises, pour que les divers courants de fumée provenant des groupes de chaudières desservies par cette cheminée commune ne se gênent pas mutuellement.

## VII. — CONDUITES DE VAPEUR, DE GAZ, D'AIR ET D'EAU. — CONDUCTEURS D'ÉLECTRICITÉ.

La vapeur, le gaz, l'air et l'eau sous pression seront conduits du générateur ou du réservoir aux machines motrices, ainsi qu'aux appareils de chauffage exposés et à ceux qui seront pourvus d'un moteur spécial.

Les conduites d'arrivée et d'échappement seront construites par les fournisseurs, qui prendront toutes les précautions nécessaires pour qu'aucune fuite de vapeur, de gaz, d'air ou d'eau ne se produise dans l'intérieur des bâtiments de l'Exposition.

Les conducteurs d'électricité seront établis de telle sorte qu'ils soient partout d'un abord facile et que les visiteurs de l'Exposition soient soustraits à toute chance d'accident ; ces conducteurs ne pourront être installés de façon à nuire à l'aspect général de la Galerie des Machines.

## VIII. — TRANSMISSION DE MOUVEMENT PRINCIPALE.

Le nombre et la nature des appareils moteurs de chaque section et le nombre de tours par minute convenant au fonctionnement de chacun d'eux seront arrêtés de concert avec les fournisseurs dans le plus bref délai.

Ces appareils moteurs devront être raccordés à l'arbre de couche principal au moyen de dispositions que les fournisseurs feront connaître à la Direction générale de l'Exploitation et qu'ils feront agréer par elle.

Dans le mois de la fixation des points qui précèdent, les fournisseurs feront connaître les prix qu'ils réclament. Si ces prix sont agréés par l'Administration, il pourra être passé un marché définitif avec chaque fournisseur.

## IX. — PAIEMENTS AUX FOURNISSEURS.

Les fournitures ci-dessous désignées donneront lieu à une rémunération en faveur des fournisseurs :

1° Installation et entretien des générateurs et de leurs cheminées, et fourniture du combustible et des ouvriers nécessaires à la conduite de ces générateurs.

2° Installation et entretien des machines motrices, main-d'œuvre pour leur conduite, matières lubrifiantes et chiffons d'essuyage ;

3° Etablissement et entretien des tuyaux de conduite, robinets d'arrêt, purgeurs automatiques pour la vapeur, le gaz, l'air comprimé, l'eau sous pression et l'eau nécessaire au service des chaudières et machines à vapeur ;

4° Etablissement et entretien de la transmission de mouvement principale et de ses supports, poulies et courroies, matière et main-d'œuvre de graissage, chiffons d'essuyage.

Les dépenses comprises dans les quatre articles ci-dessus sont de deux ordres différents : les unes sont fixes et constituent des frais de premier établissement, les autres sont variables avec la durée de la marche journalière.

Il y aura donc lieu d'établir deux prix : l'un fixé à forfait pour toute la durée de l'Exposition, l'autre pour chaque journée de sept heures de marche effective.

La somme allouée à chaque fournisseur et les conditions de paiement seront arrêtées, dans chaque cas particulier, entre l'Administration et le fournisseur.

## X. — CLAUSES GÉNÉRALES.

Les fournisseurs se conformeront à tous les règlements qui seront imposés aux exposants.

Les fournisseurs seront responsables des accidents qui surviendraient du fait de leurs appareils.

Les contestations qui pourraient s'élever entre la Direction générale de l'Exploitation et les fournisseurs seront, préalablement à toute action judiciaire, examinées par trois personnes compétentes prises dans le Comité technique des machines, nommé par arrêté ministériel en date du 17 octobre 1886.

L'une de ces personnes sera désignée par M. le Directeur général de l'Exploitation, la deuxième par le réclamant et la troisième par les deux premières.

Les fournisseurs s'engagent formellement à ne pas ouvrir d'instance judiciaire avant d'avoir pris l'avis du Conseil de conciliation composé comme il vient d'être exposé.

Dressé par le Chef du Service mécanique et électrique  
Paris, le 1<sup>er</sup> juin 1887.

L. VIGREUX.

Vu et approuvé par le Comité technique des machines :  
Paris, le 8 juin 1887.

*Le Président :*

Ed. PHILLIPS.

*Les Vice-Présidents :*

C. LAURENS.

HATON.

E. DUVAL.

Vu : le Directeur général de l'Exploitation :  
Georges BERGER.

---

## MARCHÉ POUR LA FOURNITURE de vapeur nécessaire au service de l'Exposition

---

Entre les soussignés :

M. le Ministre du Commerce et de l'Industrie, Commissaire Général de l'Exposition Universelle de 1889, et agissant en ladite qualité de Commissaire Général, d'une part,

Et M. . . . .  
 constructeur de chaudières à vapeur, demeurant à . . . . .  
 d'autre part,

Il a été dit et convenu ce qui suit :

#### I. — OBJET DU TRAITÉ.

ARTICLE PREMIER. — . . . . . constructeur susnommé pren. . . .  
 l'engagement de fournir toute la vapeur nécessaire à la mise en mouvement des machines motrices et au fonctionnement des appareils de tous genres exigeant l'emploi de la vapeur, dans les sections . . . . de la Galerie des Machines.

La quantité de vapeur à fournir par heure de marche effective est évaluée au maximum à . . . . kilogrammes. Sa tension moyenne, mesurée immédiatement après le robinet de prise, devra être de . . . . kilogrammes effectifs par centimètre carré.

Les sections que cette quantité de vapeur doit alimenter occupent l'emplacement indiqué sur le plan n<sup>o</sup>. . . annexé au présent marché, leur longueur totale est de. . . . .

#### II. — PRODUCTION DE LA VAPEUR.

ART. 2. — . . . . chaudière destinée, à la production de la quantité de vapeur spécifiée dans l'article 1<sup>er</sup> ser. . . au nombre de . . . . et conforme au plan ci annexé et remis par le fournisseur.

Le bâtiment dans lequel . . . chaudière ser. . . placée aura une longueur de . . . . ; sur une largeur de . . il se ra établi conformément au plan n<sup>o</sup> ci-annexé.

. . . chaudière de M. . . . . ser. . . timbrée pour une pression effective d'au moins . . . . kilogrammes par centimètre carré; elle satisfere . . aux règlements d'Administration publique concernant les appareils à vapeur.

. . . constructeur s'engage. . . à laisser monter sur . . . chaudière tous les appareils indicateurs ou de vérification dont la Direction Générale de l'Exploitation jugera utile de demander la pose, et à laisser faire telles expériences que le Comité technique des machines et le Jury des récompenses réclameront.

. . . constructeur pos . . . à . . . frais, sur la conduite de vapeur, en aval du robinet de prise, un manomètre enregistreur, dont les indications seront relevées chaque matin, avant neuf heures et demie, par l'Inspecteur du Service mécanique. Le cadran de ce manomètre sera fermé au moyen de deux cadenas d'effé-

rents, dont l'une des clefs restera entre les mains de l'Inspecteur et l'autre entre celles du représentant . . . constructeur .

. . . constructeur. poser. . . à . . . frais un compteur d'eau, d'un des modèles adoptés par l'Administration de l'Exposition, sur la conduite fournissant l'eau d'alimentation à . . . chaudière , les indications de cet appareil seront relevées chaque jour en même temps que celle du manomètre enregistreur, par l'Inspecteur du Service mécanique, qui conservera la clef dudit compteur.

. . . constructeur s'interdit. . . d'opérer la vidange . . . chaudière autrement qu'en présence du dit Inspecteur, et il ser. . . tenu de veiller à la fermeture des robinets d'évacuation ou de purge, de façon à ne pas fausser les résultats de la vaporisation.

La vidange . . . chaudière se rendra dans le tuyau collecteur des eaux de condensation appartenant à l'Administration de l'Exposition et établi par elle sous le sol de la grande nef du Palais des Machines ; le branchement raccordant . . . chaudière de M. . . . . au dit tuyau sera fourni et posé par . . . à . . . frais.

### III. — DISTRIBUTION DE LA VAPEUR.

ART. 3. — La vapeur sera amenée . . . chaudières aux machines motrices et aux autres appareils par . . . conduite en . . . dont le diamètre devra être calculé de telle sorte que la perte de charge totale entre le manomètre enregistreur et les tubulures de prise sur . . . conduites n'excede pas . . . par centimètre carré, pour un débit correspondant à la consommation maxima par heure prévue à l'article 1<sup>er</sup>. . . conduite ser. . . recouverte d'une enveloppe calorifuge permettant de réduire au minimum possible la perte par condensation.

Depuis le bâtiment des chaudières jusqu'à . . . autre extrémité. . . conduite. ser. . . logée dans un carneau qui sera établi par la Direction de l'Exploitation et à ses frais.

La partie . . . conduite. située dans la Galerie des Machines, parallèlement à l'arbre de couche, portera, tout les dix mètres au moins, des tubulures avec brides d'attente pour les prises qu'il sera nécessaire d'y établir, autres que celles des machines motrices.

Des purgeurs automatiques pour le départ de la condensation seront établis, par le fournisseur. et à . . . frais, aux points convenables. . . conduite et de façon à ne laisser sortir que de l'eau.

Cette eau sera déversée par un tuyau de décharge muni d'un robinet d'arrêt, installé par les soins et aux frais . . . fournisseur, dans la conduite générale d'évacuation de l'eau chaude provenant des condenseurs des machines à vapeur motrices.

. . . constructeur. s'engage. . . d'ailleurs, à se conformer, pour la construction et la pose de la tuyauterie, aux indications qui . . . seront fournies par le Service mécanique de l'Exposition.

Chaque robinet, dont la clef sera pourvue d'une poignée ou d'un levier de manœuvre, sera disposé de telle sorte que, ce robinet étant fermé, la poignée ou le levier soit placé perpendiculairement à la direction de l'écoulement.

Tout volant de manœuvre monté sur un robinet portera deux flèches, l'une par le sens d'ouverture, avec la lettre O ; l'autre pour le sens de la fermeture, avec la lettre F.

ART. 4. — L'eau de Seine nécessaire à l'alimentation des chaudières sera fournie gratuitement au constructeur par un branchement pris sur la conduite maîtresse de distribution d'eau et aboutissant à l'intérieur de la salle des chaudières. Ce branchement sera fourni et posé par M. . . . . ainsi que l'appareil d'alimentation des chaudières.

#### IV. — CONDITIONS DÉFINISSANT LE CARACTÈRE SPÉCIAL DE L'ENTREPRISE.— PRIX DE LA FOURNITURE.

ART. 5. — Les générateurs adoptés pour produire la vapeur seront considérés comme objets exposés, et comme tels ils seront admis au concours pour l'obtention des récompenses.

En conséquence la fourniture et la mise en place de . . chaudière de M. . . . . seront faites dans les conditions prévues par le règlement général, c'est-à-dire qu'il n'est rien alloué de ce chef à M. . . . .

ART. 6. — Les matériaux employés par M. . . . . pour . . . entreprise proprement dite, tels que ceux qui auront servi à la construction du bâtiment et du massif . . . chaudière, à la construction de la cheminée et à l'établissement de la tuyauterie, resteront . . . propriété à la fin de l'Exposition et seront repris ou abandonnés par. . . s'il le juge préférable.

L'Administration ne fait donc entrer en ligne de compte, dans le prix à forfait stipulé à l'article suivant, que la différence entre le prix de premier établissement et la valeur de reprise après emploi.

ART. 7. — La marche journalière normale est fixée à sept heures effectives, savoir d'une heure à cinq heures et de huit à onze heures du soir. Toutefois, l'Administration de l'Exposition se réserve d'augmenter cette durée notamment les dimanches, jeudis et jours de fêtes légales où elle compte faire fonctionner les machines de dix heures du matin à midi.

Par suite des diverses conditions qui définissent et caractérisent cette entreprise, la somme allouée à M. . . . . pour une production de . . . . kilogrammes de vapeur par journée de sept heures de marche effective et pour toute

la durée de l'Exposition, telle qu'elle est prévue dans le règlement général, est fixée à forfait, à . . . . francs.

Dans les cas où la production journalière moyenne, calculée sur la durée totale de l'Exposition (180 jours), viendrait à dépasser le nombre ci-dessus indiqué, l'excédant de production serait payé à forfait, à raison de . . . francs par 1000 kilogrammes de vapeur, tandis qu'il ne sera rien retenu au fournisseur si la production réelle se trouvait inférieure au dit nombre, sans que le Service de l'Exposition ait eu à en souffrir.

Dans le cas où la durée de l'Exposition serait prolongée au delà du 31 octobre, la somme à payer en plus serait calculée d'après la base de . . . francs par 1000 kilogrammes de vapeur produite. Il en serait de même pour la somme à retenir au fournisseur dans le cas où la durée de l'Exposition serait diminuée.

Dans le cas où la durée du travail effectif de sept heures par jour viendrait à être augmentée, l'indemnité à payer au fournisseur est fixée pour main-d'œuvre supplémentaire à . . . francs pour chaque heure supplémentaire régulièrement constatée, quel que soit le nombre des ouvriers employés à la conduite . . . chaudière. Toute heure commencée sera comptée comme entière. La quantité de vapeur produite pendant les heures supplémentaires de marche effective sera payée à raison de . . . kilogrammes.

Tous les essais de fonctionnement avant la mise en marche régulière, c'est-à-dire, avant l'ouverture de l'Exposition, resteront à la charge . . . fournisseur .

L'Administration se réserve le droit de prendre, pour le règlement des comptes, toutes les mesures et de faire tous les essais de nature à la renseigner aussi exactement que possible sur la production des générateurs et à assurer le service de fourniture de vapeur aux divers moteurs ou appareils qui auront à l'employer.

ART. 8. — Le montant du forfait sera payé par tiers aux époques suivantes, savoir : le premier tiers, après l'essai de mise en marche qui suivra l'achèvement complet du montage; le second tiers, le 31 août 1889, et le dernier, un mois après la fermeture de l'Exposition, et au plus tard, le 30 novembre 1889, déduction faite de la somme que l'Administration pourrait avoir à retenir pour les causes stipulées dans le présent contrat.

La somme que l'Administration pourrait avoir à payer en plus pour les causes indiquées à l'article 7 sera payé un mois après la fermeture effective de l'Exposition, sur état présenté par . . . fournisseur et vérifié par le Service mécanique.

#### V. — CLAUSES SPÉCIALES.

ART. 9. — M. . . . . se conformer. . . aux instructions qui . . . seront données pour les heures d'entrée et de sortie des voitures qui apporteront l'approvisionnement de combustible et enlèveront les cendres.

ART. 10. — Des cartes d'entrée gratuites et personnelles seront délivrées M. . . . . , pour . . . même , d'abord, et ensuite pour les agents qu'il désigne. . . à la Direction Générale de l'Exploitation, sans que le nombre total de ces cartes puisse dépasser . . . . .

ART. 11. — M. . . . . s'engage. . . à commencer les travaux de maçonnerie le plus tard le . . . . . et à avoir terminé l'installation complète de . . . . . appareils au plus tard le . . . . . A cette date, . . . foyer ser. . . allumé et les appareils (chaudière., robinets, tuyaux, etc.) seront essayés. Les résultats de cette opération seront consignés dans un procès-verbal, sur le vu duquel, si ces résultats sont satisfaisants, sera payé le premier tiers du forfait stipulé.

En cas de retard, par rapport au délai fixé pour l'achèvement complet de l'installation, M. . . . . pourr. . . subir, pour chaque jour de retard, une amende ou retenue égale à la moitié de l'allocation journalière résultant du prix à forfait précédemment stipulé. Cette retenue sera effectuée sur le premiers tiers du montant du forfait.

Au cas où l'emplacement affecté à l'installation . . . fournisseur ne . . . serait pas livré le . . . . . , le délai stipulé dans le premier paragraphe du présent article sera augmenté du retard apporté par l'Administration de l'Exposition dans la livraison du dit emplacement.

#### VI. — CLAUSES GÉNÉRALES.

ART. 12. — M. . . . . s'engage. . . à se conformer, en tant qu'il n'y est pas dérogé par le présent traité, aux conditions générales des marchés approuvées par le Comité technique des Machines, à la date du 8 juin 1887, et dont un exemplaire a été remis au constructeur .

Fait et signé en double expédition, à Paris, le. . . . .

---



## GÉNÉRATEUR DE VAPEUR (Système Dulac)

(Planches 1 et 2)

---

M. Dulac de Paris, expose dans la Cour de la force motrice des classes 51, 57 et 55 et particulièrement des machines motrices J. Casse et fils, Buffaud et Robatel et de Quillaq, Morane jeune, Westinghouse et divers, un générateur de vapeur de son système. M. Dulac a été mis pour cette fourniture en collaboration par moitié avec M. L. Fontane de la Madeleine-lez-Lille (Nord).

La chaudière Dulac, en fonctionnement à l'Exposition a été prise par l'Administration pour une fourniture moyenne de 1000 kg. de vapeur à l'heure. Cet appareil sur lequel des essais de vaporisation ont été faits en juin dernier, a été reconnu capable de produire, avec un feu conduit modérément une quantité de vapeur de 2000 kilogrammes par heure.

La chaudière Dulac est composée de trois parties essentielles, le vaporisateur, le réservoir cylindrique horizontal, jouant le rôle d'accumulateur de chaleur et le réchauffeur. Ces trois parties de l'appareil, tout en ayant des fonctions distinctes ne forment qu'une seule capacité d'une contenance de 16<sup>m<sup>3</sup></sup>,263. La surface de chauffe est ainsi répartie :

Surface tubulaire directe à circulation rapide	= 61,39
Surface du corps de chaudière	= 11,50
Surface du réchauffeur vertical	= 13,50
Surface totale	<u>86<sup>m<sup>2</sup></sup>,30</u>

Le vaporisateur est formé d'un réservoir cylindrique vertical, dont le fond inférieur est muni d'un faisceau divergent de tubes pendentifs, rappelant par l'aspect extérieur les tubes Field, sans avoir cependant les inconvénients de ces derniers. Ces tubes pendentifs sont construits en fer forgé et contiennent chacun un deuxième tube en fer, dit tube de circulation (fig. 1).

Celui-ci porte à la partie supérieure une saillie sur laquelle vient reposer un collecteur de dépôts en tôle mince. Cette disposition protège d'une façon efficace les tubes bouilleurs contre l'obstruction inférieure et par suite contre les corrosions que les flammes du foyer ne manqueraient pas de produire à bref délai.

Les parois des tubes étant toujours nettes la vitesse des courants ascendants et descendants reste constante. Cette vitesse est d'autant plus grande, que la différence de densité entre les deux courants est multipliée par une grande hauteur, on peut l'évaluer à 5 ou 6 mètres par seconde.

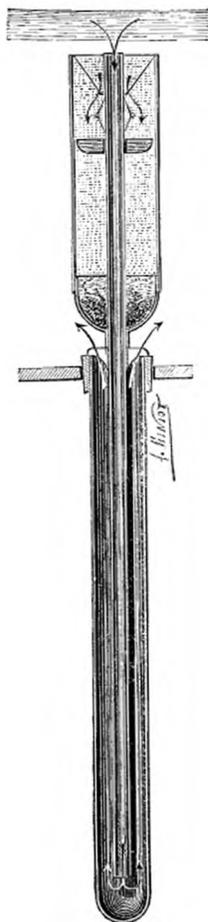


FIG. 1.  
TUBE PENDENTIF

Le vaporisateur est en communication à l'arrière avec un réservoir cylindrique horizontal de longueur et de volume variables, servant comme nous l'avons dit à accumuler la chaleur et constituant de plus une réserve d'eau et de vapeur indispensable pour une marche régulière.

À l'arrière de ce réservoir horizontal, se trouve une troisième capacité cylindrique placée verticalement et servant de réchauffeur d'eau. La partie supérieure de ce réchauffeur constitue un grand réservoir au-dessus duquel on place la prise de vapeur.

La sécurité que présente le générateur Dulac, en cas de manque d'eau, résulte de ce que la grande réserve d'eau contenue dans les collecteurs s'écoule très lentement sur le fond inférieur du vaporisateur, alors que dans les chaudières tubulaires par exemple toute paroi privée d'eau est rapidement portée au rouge. De plus, la soupape à compensateur Dulac, dont nous parlerons plus loin, limite la pression d'une façon rigoureuse, ne dégage absolument que la vapeur en excès, fait en un mot fonction de robinet de décharge automatique.

Le générateur Dulac peut être à bon droit renommé pour fournir une vapeur très sèche. La vapeur dégagée par les tubes traverse sans obstacle la masse d'eau renfermée par le vaporisateur et trouve une surface d'évaporation décuple de la section du faisceau tubulaire. La faible vitesse du courant de vapeur limite l'entraînement d'eau permanent. Pour empêcher l'entraînement accidentel, qui peut résulter d'une évacuation de vapeur spontanée cette vapeur s'élève d'abord dans le corps vertical, puis se renverse au-dessus d'une tôle avant de pénétrer dans le réservoir cylindrique horizontal et dans le réchauffeur. Il résulte de l'essorage de la vapeur sur le bord supérieur de cette tôle, une siccité presque complète de la vapeur produite. Dans le dôme de prise de vapeur, la température de l'eau est inférieure à celle de la vapeur; il ne peut donc se produire à cet endroit aucun bouillonnement tumultueux capable de provoquer un entraînement d'eau.

Les parois de la chaudière, en contact avec les gaz du foyer, peuvent être tenues dans un état constant de propreté. La cendre ne trouve en effet aucun endroit où elle puisse s'accumuler, et la suie est enlevée quotidiennement par des

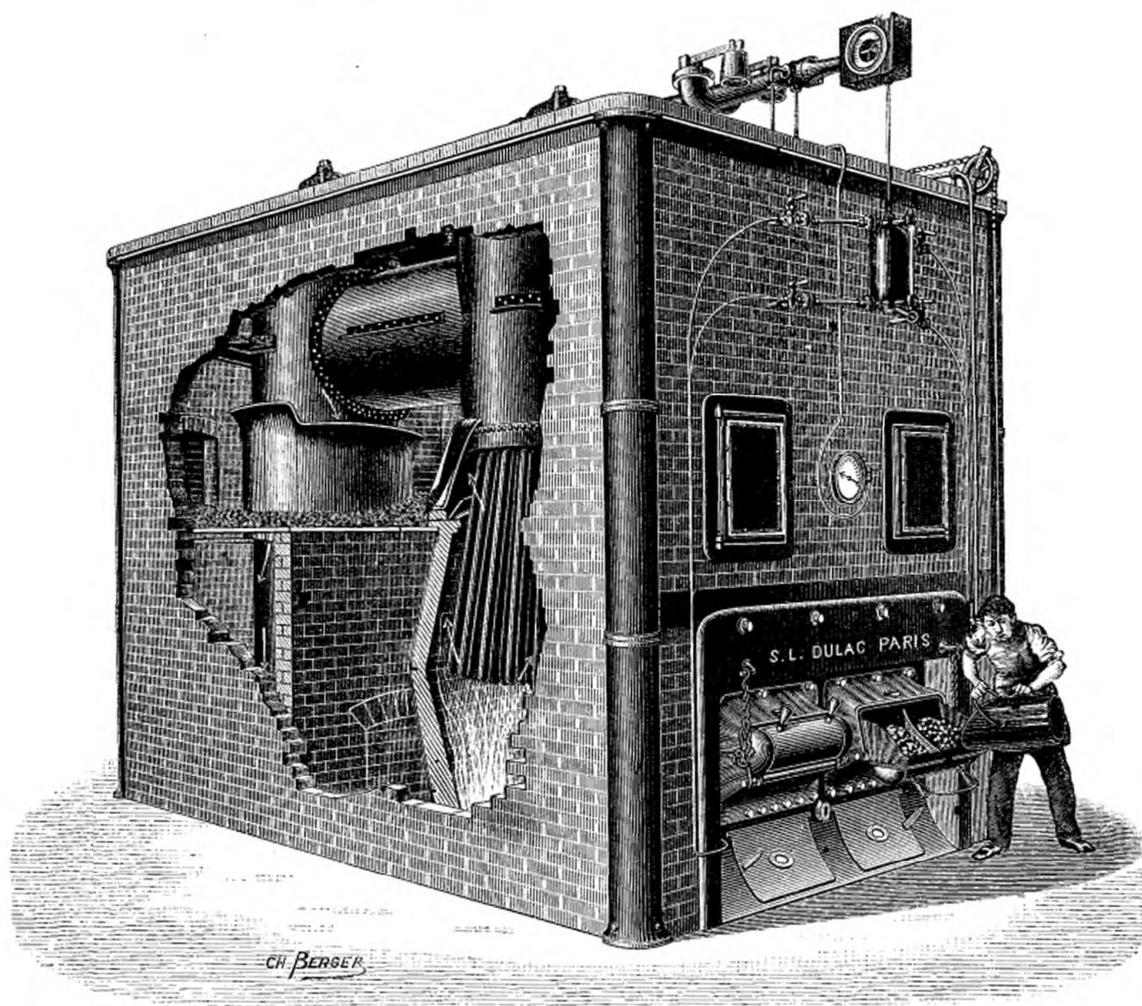


FIG. 2.— VUE PERSPECTIVE DE CHAUDIÈRE, SÉRIE B.

jets de vapeur circulant dans une canalisation fixe. Il en résulte une combustibilité constante et par suite un rendement toujours aussi élevé.

A l'intérieur de la chaudière, les incrustations dues aux sels calcaires sont empêchées par l'emploi du procédé Kulmann qui engendre des dépôts vaseux sans corroder le métal.

Les dépôts vaseux qui s'accumulent dans le fond du réchauffeur en sont retirés par des extractions périodiques. L'obstruction des tubes bouteilleurs est,

comme nous l'avons vu plus haut, combattue d'une façon efficace par l'emploi des collecteurs de dépôts adaptés à chaque tube de circulation

Dans la chaudière Dulac, la pression intérieure comprime les parties jointives et empêche par là toute fuite de se produire. Le joint tourné des tubes avec le fond du vaporisateur est, en effet conique et autoclave. Ce détail est une garantie de la durée de l'appareil. La chaudière repose par des cornières rivées sur des supports en fer et se dilate librement dans le fourneau.

Les dispositions adoptées ont pour objectif l'importance et la fixité d'un ren-

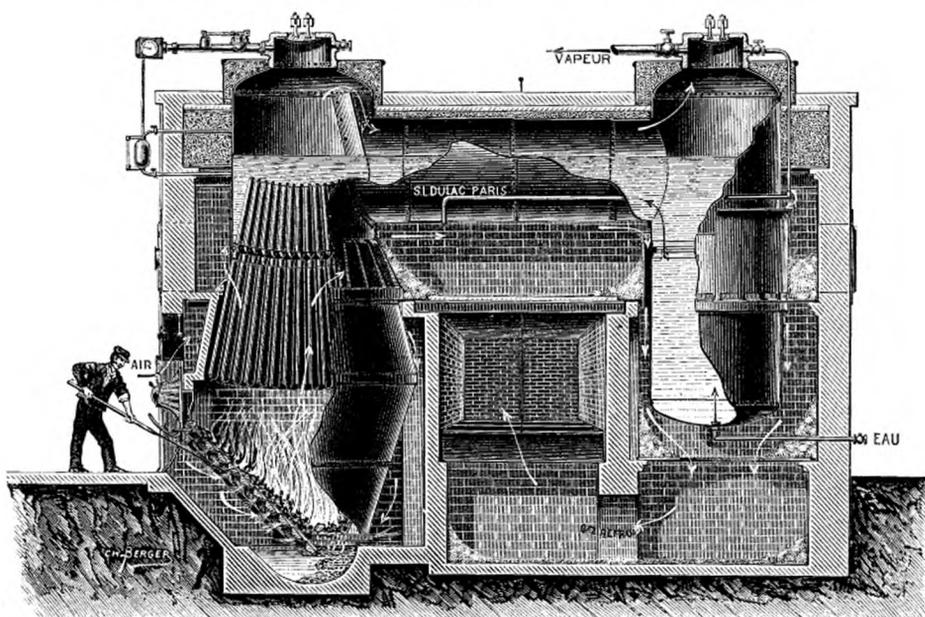


FIG. 3. -- COUPE EN LONG DE CHAUDIÈRE. SÉRIE C.

dement, placé en dehors de la dépendance du chauffeur. A cet effet l'air comburant circule autour de l'enveloppe en tôle de la chambre de combustion, pour pénétrer dans un cendrier clos. Le foyer, à grille fortement inclinée, réalise la combustion graduelle et fumivore avec le minimum d'air en excès. Cette grille à gradins est garnie de petits barreaux oscillants qui rendent possible le décrassage en marche (fig. 3) sans ouvrir la porte du foyer. (Planches 1 et 2).

Le chargeur basculant supprime les rentrées d'air et dispose la houille crue très également à la partie supérieure de la grille en constituant une réserve sur la plaque qui précède la grille. Les hydrocarbures distillent lentement, s'enflam-

ment en passant sur la masse en ignition, la fumivorté est obtenue sans soufflerie sans soins spéciaux (voir fig. 2 et 4).

Le chauffage vigoureusement méthodique refroidit les gaz jusqu'à la limite nécessaire au tirage externe est maintenue pour le ramonage quotidien des surfaces à l'aide de la vapeur. Nous verrons plus loin par quel moyen la conductibilité interne est conservée.

La température des gaz est relevée chaque jour à diverses allures et donne les chiffres moyens suivants :

Température de l'air dans le cendrier. . . . .	90	deg. centig.
Température des gaz dans le foyer. . . . .	1400	degrés.
Température des gaz au delà des tubes. . . . .	380	degrés.
Température des gaz sous le réchauffeur. . . . .	190	degrés.

Il a été fait de ces gaz environ 100 analyses à l'appareil Orsat, la moyenne de ces analyses donne les résultats suivants :

Acide carbonique. . . . .	12	volumes
Oxyde de carbone. . . . .	0	»
Oxygène . . . . .	7	»
Azote. . . . .	81	»
Ensemble. . . . .	100	

La vapeur d'eau engendrée par la combustion de l'hydrogène échappe à l'analyse, mais l'excès d'azote sur la proportion d'oxygène libre ou combiné étant de 10 volumes, on peut en conclure que la proportion d'hydrogène dans la houille est d'environ deux pour cent.

Le volume des gaz et leur composition étant connus, on dispose d'une donnée positive pour déterminer le nombre de calories emportées pour les gaz brûlés, il représente environ 850 calories, soit 12 pour cent de la chaleur contenue dans la houille brute ; la récupération des pertes radiantes limite à environ 3 pour cent les calories perdues, l'effet utile peut donc être estimé à 85 pour cent, soit plus de 10 kilogrammes de vapeur produite par kilogramme de houille pure. Un purgeur automatique Clenet mènera au bac alimentaire l'eau entraînée et la condensation de la première conduite de vapeur. Le volume de cette purge représente à peine 1 pour cent du volume d'eau vaporisée.

A côté du générateur en service, M. Dulac a présenté deux chaudières nues qui mettent en évidence l'indépendance absolue des diverses parties de l'appareil. La figure 2 présente en perspective la chaudière, à corps horizontal de longueur réduite ; la figure 3 présente en coupe la chaudière en fonctionnement et la figure 4 est une coupe du générateur, type Urbain, dans lequel le volume d'eau surchauffée a été considérablement réduit. Le sécheur de vapeur, capillaire à tubes pendentifs, remplace le cylindre horizontal, le réchauffeur tubu-

laire, qui lui fait suite, communique par le collecteur inférieur avec l'eau sous pression et par le collecteur supérieur avec la pompe qui alimente le vaporisateur. Le volume du générateur est indépendant de la puissance; ces trois types répondent aux besoins les plus variés de l'industrie et constituent un ensemble complet.

Le rendement en vapeur par kilogramme de charbon est relativement élevé dans la chaudière Dulac. Ce résultat tient à la constitution du foyer fumivore qui engendre une combustion parfaite avec le minimum d'excès d'air préalablement chauffé à l'aide des pertes radiantes. L'utilisation de la chaleur est poussée à la limite sans que cette condition nuise au tirage. La conductibilité des parois est constante et le chauffage rigoureusement méthodique.

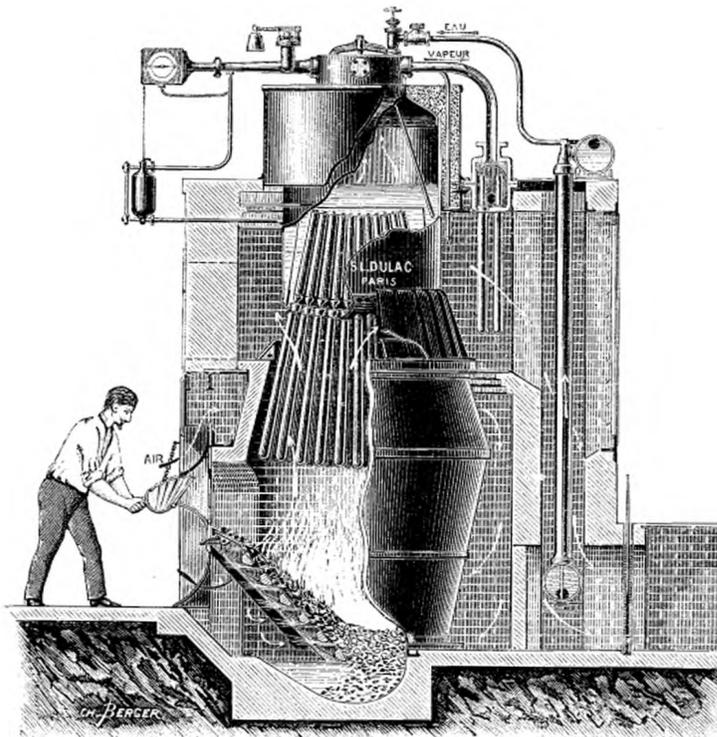


FIG. 4. — COUPE EN LONG DE CHAUDIÈRE, SÉRIE A.

Il est intéressant après cette description sommaire de la chaudière Dulac de dire quelques mots des études faites par M. Dulac sur l'incrustation des chaudières. Depuis 1878, ces études ont été conduites avec un grand esprit d'ordre

et de méthode. La longue pratique de leur auteur et la donnée bien positive de laquelle il est parti, indiquent comme particulièrement intéressants les résultats atteints dans cette catégorie de recherches.

Laissons d'abord parler M. Dulac :

« L'incrustation des chaudières préoccupe à juste titre tous les industriels ;  
« aussi les remèdes infallibles ne comptent-ils plus. Empressons-nous d'ajouter  
« que l'incrustation n'en exerce pas moins ses ravages, à la plus grande satis-  
« faction des constructeurs de chaudières et des pourvoyeurs de combustible.

« C'est en vain que l'empirisme multiplie les panacées, la solution pratique  
« n'est pas dans cette voie.

« Depuis longtemps, la chimie minérale a déterminé les effets et les causes,  
« fourni des moyens aussi rationnels que peu dispendieux, pour empêcher l'in-  
« crustation des dépôts sur les parois des chaudières à vapeur.

« Analyser l'eau, déterminer la nature des sels que cette eau contient, indi-  
« quer les réactifs et leur dosage ; tel est le procédé préconisé par la science.

« La chaudière à vapeur est le plus admirable appareil qui se puisse souhaiter,  
« pour opérer le traitement chimique des sels terreux, parce que ces trois condi-  
« tions du succès : Chaleur, Temps, Mouvement, interviennent obligatoirement.

« Mais si la chaudière possède la merveilleuse propriété d'assurer les actions  
« chimiques, elle n'offre aucun moyen pratique pour éliminer les corps en  
« suspension ».

Les collecteurs système Dulac ont pour but de compléter la chaudière à vapeur en ajoutant l'appareil décanteur qui lui manque.

Les figures 5 et 6 donnent deux dispositions particulières des collecteurs Dulac, suivant la nature de la chaudière dans laquelle se fait le traitement de l'incrustation.

La fig. 5, représente en coupe la chaudière à bouilleurs inférieurs. Dans le corps cylindrique supérieur sont placés des collecteurs dont chaque groupe opposé constitue un élément. Ces collecteurs reposent par leur saillie latérale sur la paroi chauffée en laissant libre un passage à section croissante, dans lequel le liquide s'élève en vertu des différences de densité. Ce mouvement de bas en haut entraîne les corpuscules solides engendrés et la vapeur se dégage au plan d'eau ; ce dégagement augmente la densité du courant ; la section transversale brusquement élargie en diminue la vitesse.

Les dépôts calcaires entraînés ayant une densité supérieure à celle de l'eau, descendent dans l'intérieur du collecteur pendant que le liquide épuré retourne à la partie inférieure par le canal central, constitué par les collecteurs de deux groupes opposés.

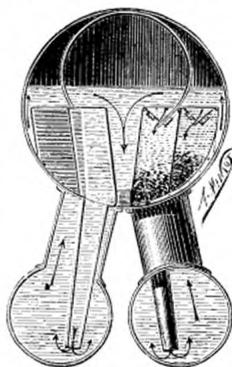


FIG. 5. — COUPE TRANSVERSALE D'UNE CHAUDIÈRE A BOUILLEURS.

Un clapet de retenue est placé à la partie supérieure de chaque collecteur et s'oppose à la sortie accidentelle des dépôts recueillis. Cette sortie des dépôts pourrait se produire en effet par suite d'une brusque prise de vapeur et de l'ébullition tumultueuse de la masse liquide. Enfin, un tendeur en fer méplat prend son point d'appui sur les couvercles fixes qui réunissent deux collecteurs voisins et sur le ciel de la chambre de vapeur ; une entretoise en tôle maintient l'écartement inférieur entre les deux collecteurs opposés d'un même élément.

Le montage de cet ensemble présente à la déformation et au déplacement une extrême rigidité.

Le nettoyage automoteur des bouilleurs inférieurs se fait au moyen de tuyaux cylindro-coniques qui plongent dans chaque communication et pénètrent dans ces bouilleurs. L'eau est constamment déplacée par ces appareils, le courant ascendant remonte dans la chaudière l'eau chargée de dépôts vaseux.

Le dispositif employé pour le traitement de l'incrustation dans les chaudières à foyer intérieur est représenté figure 6.

La figure 1 représente le tube pendentif à circulation d'eau employé dans les générateurs Dulac.

Les principes du nettoyage par le collecteur supérieur adapté au tube de circulation sont les mêmes que dans les deux premiers exemples. Il est visible que la paroi chauffée, c'est-à-dire celle du tube extérieur engendre le courant ascendant, les dépôts s'accumulent dans le collecteur et le tube central donne naissance au courant d'eau descendant.

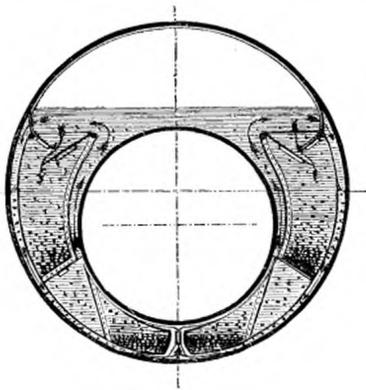


FIG. 6. — COUPE TRANSVERSALE DE CHAUDIÈRE A FOYER INTÉRIEUR.

Depuis plus de dix ans, les appareils Dulac ont reçu des applications excessivement nombreuses ; les résultats ont toujours été concluants. L'efficacité de ce traitement est donc incontestable.

Un service excellent peut être assuré par une dose convenable de réactif (alcalis minéraux solubles) introduite chaque jour dans le bac d'alimentation et par un nettoyage semestriel ou annuel du générateur.

Dans aucun cas, les alcalis solubles ne forment de combinaisons avec les métaux ; la chaudière est donc, de ce fait, à l'abri de toute corrosion intérieure.

Après cet exposé rapide des diverses variantes du générateur Dulac et des résultats acquis par son inventeur, il nous semble intéressant de nous arrêter encore sur deux organes étudiés et construits par M. Dulac ; nous voulons par-

ler de la grille sectionnelle pour foyer et de la soupape de sûreté à levée progressive.

*Grille Dulac.* — La grille horizontale Dulac répond aux exigences théoriques économiques et pratiques d'une bonne combustion, elle permet l'emploi judicieux de la matière et l'application à tous les foyers et pour tous les combustibles. Son emploi supprime les inconvénients des barreaux parallèles de toutes formes isolés ou conjugués qui se tordent, se brisent ou se brûlent parce que leur dilatation est gênée et que le rapport entre le plan de chauffe et les flancs du barreau est trop faible pour limiter l'accroissement de température.

La grille Dulac se compose de barreaux porteurs rectangulaires en fer, encastrés sur champ, dans les entrailles équidistantes de sommiers transversaux (fig. 7).

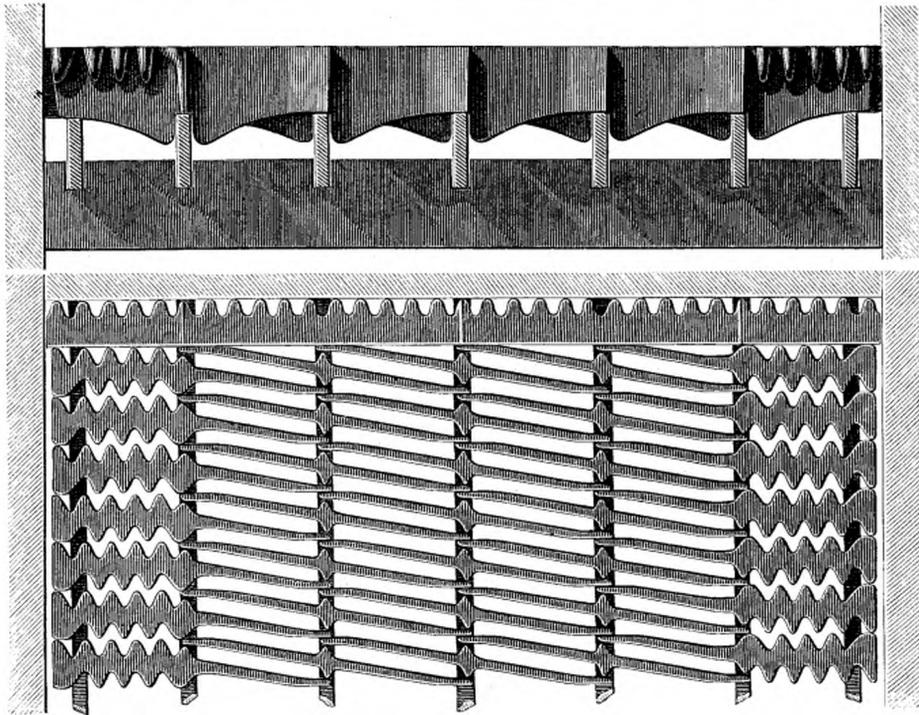


FIG. 7. — PLAN DE GRILLE SECTIONNELLE.

L'encocche inférieure de chaque barreau brûleur A et B voir fig. 8, s'engage dans les barreaux porteurs et les extrémités de ces brûleurs reposent sur des barreaux porteurs latéraux. Les barreaux A et B en fonte durcie sont juxtaposés et entretoisés de telle sorte que la dilatation toujours libre de deux barreaux voisins, soit de sens contraire. Entre la demi longueur des rangées extrêmes le vide est rempli par la partie dentelée des barreaux B.

Dans les foyers ronds (fig. 8), les mêmes éléments de barreaux sont encastrés par quatre segments C identiques, sur lesquels viennent se fixer les sommiers à entailles qui reçoivent les barreaux porteurs.

L'emploi de cette grille comporte les avantages suivants : liberté de la dilatation, faible écartement entre les barreaux brûleurs, accroissement de la section vide par unité de surface de grille, inadhérence du mâchefer, les dilatations en

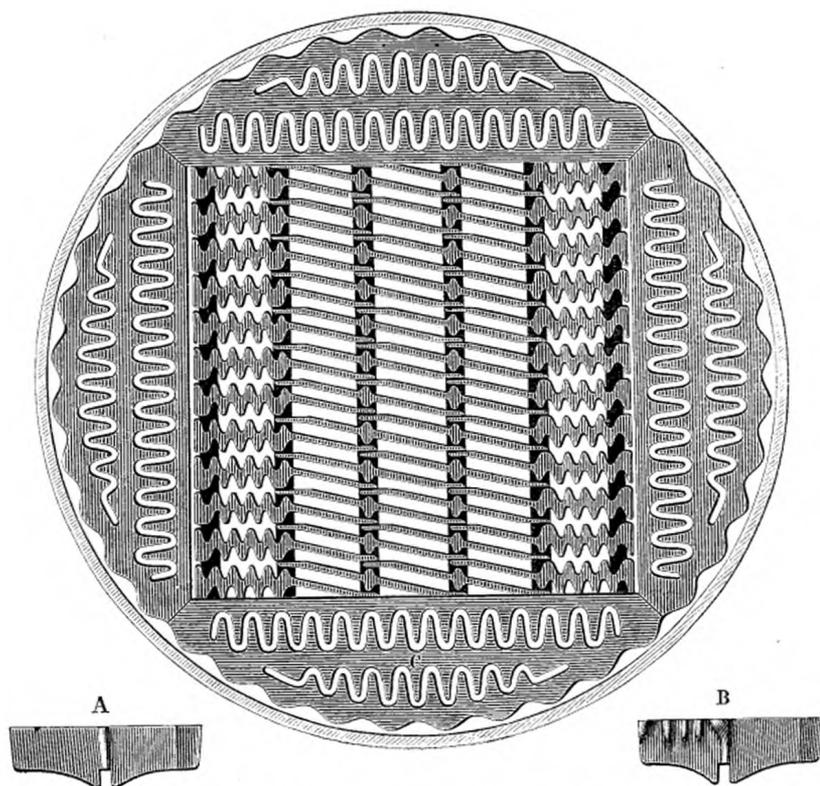


FIG. 8. — PLAN DE GRILLE SECTIONNELLE RONDE.

sens contraire empêchant la soudure de la scorie, décrassage facile, longue durée, résultant d'un refroidissement plus grand de la fonte et de l'égale répartition de l'air sur les flancs des barreaux brûleurs, enfin application d'un modèle unique aux foyers de toutes formes et de toutes dimensions.

*Soupape Dulac.*— La soupape Dulac a été créée dans le but de supprimer l'insuffisance de la soupape de sûreté ordinaire pour limiter la pression dans les chaudières à vapeur, en comprenant la perte de charge qu'éprouve la veine en écou-

lement par un effort complémentaire. Il est en effet nécessaire que la soupape ait, dans tous les cas une puissance de dégagement suffisante pour limiter la pression au chiffre indiqué par le timbre.

Pour combler cette lacune, diverses soupapes à compensateur ont été préconisées mais l'action de ces appareils est, ou insuffisante, ou d'une brutalité incompatible avec les services qu'on est en droit d'en attendre.

La soupape Dulac (fig. 9) se compose simplement des éléments de la soupape

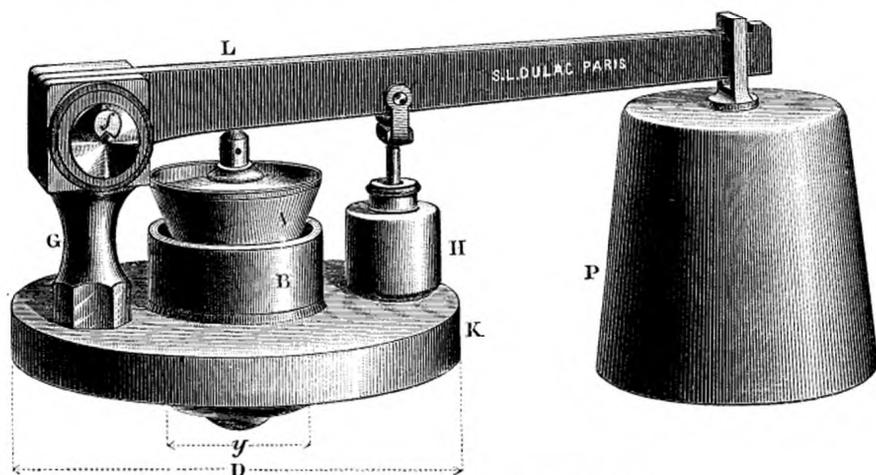


FIG. 9. — VUE PERSPECTIVE D'UNE SOUPAPE.

de sûreté ordinaire, auxquels vient s'ajouter un compensateur formé d'un tronc de cône A dont la petite base constitue la soupape, et dont la grande base émerge au-dessus d'un ajutage B conique divergent, de façon à ménager entre l'ajutage et le cône B un espace annulaire à section croissante et variable avec le soulèvement de la soupape.

Le levier L est articulé sur un couteau maintenu dans une encoche entaillée dans une goupille  $f$ , qui s'oppose à l'arrachement du levier, sans toutefois nuire en aucune façon à son mouvement d'oscillation.

L'efficacité du fonctionnement de cet appareil s'explique d'elle-même. La pression de la veine fluide en écoulement agit, en effet, après le soulèvement, sur le tronc de cône qui prolonge la soupape et compense par là, la perte de charge qui affecte une partie de la surface de cette soupape. Il est bon de remarquer ici que la section finale d'écoulement varie avec le soulèvement, de façon à maintenir l'équilibre des forces dans tous les moments.

La charge antagoniste peut être due à l'action d'un ressort. Dans ce cas, la forme du compensateur est modifiée pour faire équilibre à l'accroissement de

résistance du ressort au soulèvement. Ces dispositions particulières sont complétées par un amortisseur à air qui évite la trop brusque ouverture de la soupape comme la chute trop rapide de pression.

Citons enfin comme particulièrement intéressant l'indicateur-enregistreur du niveau d'eau du même constructeur.

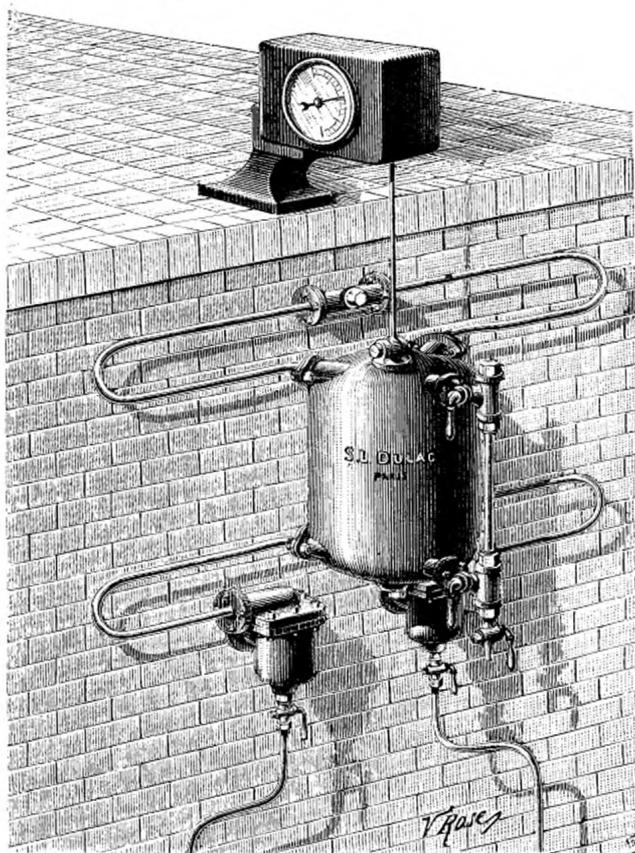


FIG. 10. — VUE PERSPECTIVE D'UN INDICATEUR-ENREGISTREUR.

Cet appareil se compose d'un vase moteur, suspendu librement et mis en communication avec l'eau et la vapeur contenues dans la chaudière, à l'aide de tubes métalliques à membrures. Ce vase est pourvu du tube de verre réglementaire. Les tubes abducteurs sont en double pour les deux fluides, eau et vapeur.

La tige de suspension repose par un étrier sur l'encoche du petit bras d'un

balancier. Le grand bras de ce même organe est pourvu d'une masse équilibrant le poids du vase moteur.

Le centre de gravité des masses en équilibre se déplace avec les oscillations du balancier ; ce déplacement équilibre exactement les variations de poids du vase moteur plus ou moins rempli d'eau. Le mouvement est imprimé à une aiguille se déplaçant sur un cadran. Ce mouvement est comparable à celui de l'aiguille du pèse-lettre à contre-poids et à curseur.

Chaque variation de niveau dans la chaudière cause une modification dans le poids du vase moteur et l'indication est donnée par l'aiguille sur le cadran et inscrite par une plume sur un disque rendu solidaire par un mouvement d'horlogerie placé dans la porte de l'indicateur.

L'avantage particulier de cet indicateur est de n'être affecté dans aucun cas par les bouillonnements tumultueux du liquide à l'intérieur de la chaudière. Les variations sont donc indiquées avec la plus grande précision. Le faible rapport qui existe entre les sections des tubes abducteurs et la section même du vase explique assez cette particularité. Les mouvements verticaux du vase moteur ont une amplitude de 20 millimètres correspondant à un changement de 0<sup>m</sup>,400 dans la chaudière.

Nous ne pouvions passer sous silence cette intéressante invention qui tout en conservant intactes la stricte observation aux règlements permet d'obtenir d'une façon visible et constante les indications les plus précises sur le niveau d'eau de toute chaudière à vapeur et de laisser aux mains du chef d'usine la preuve écrite d'une bonne ou irrégulière alimentation du générateur.

---

# GÉNÉRATEURS DE VAPEUR

(Système Belleville)

---

La maison Belleville et C<sup>ie</sup> de Saint-Denis possède dans l'enceinte du Champ de Mars une des plus intéressantes expositions. Cette exposition, répartie en quatre points principaux, comprend les derniers modèles des générateurs multitubulaires si connus par leurs services dans l'industrie et dans la marine.

Deux sections de l'exposition Belleville renferment des générateurs en fonctionnement. Ce sont :

1° Le groupe de 1000 chevaux, du type fixe, affecté au service de la force motrice du Palais des Machines, situé derrière le Palais des Machines dans la cour de la force motrice.

2° Le groupe de 700 chevaux du types fixe en service à la Station centrale d'électricité de la Compagnie continentale Edison, situé le long de l'Avenue de la Bourdonnais, près du Pavillon des Postes et Télégraphes.

Les deux autres sections comprennent des générateurs à l'état inerte. Ce sont :

1° Un des huit groupes de générateurs Belleville, type marin, du croiseur de 8000 chevaux « l'Alger. » C'est le type des générateurs pour les embarcations et pour les services auxiliaires des grands bâtiments. On remarque aussi à cette exposition les chevaux alimentaires et les détendeurs, type marin. Cet intéressant ensemble est situé à la classe 65 (Navigation) sur la berge de la Seine, près du pont d'Iéna.

2° Les générateurs Belleville, des types fixe, transportable et locomobile, chevaux alimentaires et régulateurs-détendeurs Belleville, etc., exposés dans la classe 52 (Mécanique générale) dans l'intérieur du Palais des Machines.

Ces quatre sections distinctes de l'exposition de MM. Belleville et C<sup>ie</sup>, comprennent d'une façon exclusive les appareils et produits brevetés créés par M. Belleville. Ils comprennent les perfectionnements remarquables auxquels de nombreuses et longues études ont conduit l'importante Maison dont nous nous occupons.

Les applications maritimes et industrielles que MM. Belleville et C<sup>ie</sup> ont faites sur un si grand pied depuis vingt ans étaient un thème suffisant, sur lequel ils

ont pu concevoir et exécuter la plus magnifique exposition qu'il était possible d'attendre d'eux.

Le groupement si heureux des derniers perfectionnements que MM. Belleville et C<sup>ie</sup> ont introduits dans la construction des générateurs à vapeur et la révision complète de tous les détails de cette construction, en vue surtout de l'Exposition de 1889, ont permis de constituer pour chaque nature d'application un type supérieur aux précédents et qui a été nommé modèle 1889.

Il est extrêmement important et intéressant de faire remarquer que ce modèle 1889 est, en définitive, non pas un type marquant une idée nouvelle, mais bien un appareil final, résultat de quarante années de recherches, d'études et de travaux incessants. Il est connu, en effet que dès 1849, M. Belleville a commencé ses études sur les générateurs de sécurité et qu'en 1850, il en possédait le premier brevet.

Les quatre expositions énoncées plus haut renferment surtout les renseignements complets sur les appareils et produits suivants :

1° *Générateurs Belleville du type marin.*— Les générateurs de ce système appliqués à la navigation faisant l'objet dans cet ouvrage d'une étude absolument spéciale, nous nous dispenserons d'en donner aucune description. (Voir la 9<sup>e</sup> partie *Marine et Arts Militaires*). Nous nous bornerons à constater que les applications réalisées ou en voies de réalisation aux navires de la marine de guerre (avisos, éclaireurs, croiseurs, cuirassés, canonnières, etc.), comportent des puissances diverses s'élevant jusqu'à 14,000 chevaux. Ces générateurs sont également appliqués à la marine du commerce et notamment à des transports des lignes de la République Argentine, Buenos-Ayres et La Plata, de la Chine et de l'Australie, qui renferment des installations variant de 2000 à 6000 chevaux.

Un avantage sérieux à l'actif des générateurs Belleville, type marin, réside dans la possibilité pour ceux-ci d'être alimentés à l'eau de mer en cas d'avarie des condenseurs des machines.

2° *Générateurs Belleville du type fixe.*— Les appareils de ce genre sont divisés en trois séries principales comprenant ensemble dix-sept modèles, dont la puissance de vaporisation varie de 450 à 3000 kilogrammes de vapeur à l'heure de marche normale.

Plus de 2000 générateurs Belleville de ce type industriel sont déjà installés dans toutes les usines, l'industrie métallurgique particulièrement comprend des installations importantes, pour la plupart offrant une puissance supérieure à 1000 chevaux. L'industrie de l'éclairage électrique en emploie déjà une grande quantité et nombre de cas sont à citer où les générateurs Belleville rendent des services importants dans les stations centrales d'électricité et les Théâtres.

3° *Générateurs Belleville du type auxiliaire.*— Ce type est spécial pour les services auxiliaires des grands navires de guerre. Il est disposé pour s'installer dans les entreponts ; l'alimentation à l'eau de mer peut être acceptée avec ces géné-

rateurs dans un grand nombre de cas. Il en est de même du type pour embarcations, dont plus de deux cents modèles fonctionnent aujourd'hui pour la Marine militaire française.

4° *Générateurs Belleville du type transportable.* — Ces appareils sont employés plus spécialement pour l'industrie à terre, soit seuls comme producteurs de vapeur, soit avec adjonction de machines pour constituer des locomobiles ou moteurs demi-fixes.

5° *Chevaux alimentaires Belleville, modèle 1889.* — Ces appareils qui constituent dans l'alimentation des chaudières à vapeur une économie et un progrès sensibles sont surtout intéressants à cause de leur grande régularité de marche à toutes les pressions, même les plus élevées. Cette régularité résulte des dispositions prises pour assurer le passage des points morts, à faible comme à fort débit, et aussi de la concentricité parfaite des cylindres qui réduit les frottements et l'usure à leur minimum. Les chevaux alimentaires Belleville sont également employés à d'autres usages que celui de l'alimentation des chaudières, leur puissance de refoulement permet d'élever les liquides à de grandes hauteurs. La perfection de leur construction en est la cause prépondérante.

La série des chevaux alimentaires Belleville comporte dix modèles dont le débit à l'heure varie de 500 litres à 100 mètres cubes.

Les chevaux alimentaires Belleville condensent dans l'eau aspirée toute leur vapeur d'échappement, ils présentent, par suite, non seulement l'économie résultant de l'augmentation de force motrice par suite de la condensation, mais encore celle qui consiste à renvoyer aux chaudières tout le calorique possible.

6° *Régulateurs détenteurs Belleville, modèle 1889.* — Ces appareils ont pour objet de limiter et de régulariser la pression de la vapeur pour le service des machines motrices et des appareils de chauffage.

Dans la marine et dans l'industrie, ils rendent des services importants en permettant de fixer pour chaque allure de marche ou pour chaque opération industrielle une pression bien déterminée, celle qui convient le mieux, tout en conservant au générateur lui-même une pression plus élevée, condition favorable à la précipitation des dépôts calcaires dans l'épurateur spécial Belleville.

Le débit de vapeur des différents numéros de ces appareils s'échelonne de 300 kilogrammes à 100,000 kilogrammes à l'heure. On en compte quinze modèles de grandeurs différentes.

7° *Grilles Belleville, modèle 1889.* — Les grilles Belleville sont composées de barreaux en fer accouplés formant des ondulations trapézoïdales qui sont d'un effet très précieux dans l'égalité répartition de l'air sur la surface de la grille. Le nettoyage de ces grilles est extrêmement facile et on peut le constater en considérant le peu d'adhérence que les mâchefers possèdent sur de semblables formes. La durée de ces appareils est notablement augmentée par suite du refroidissement régulier des barreaux dont les écartements sont relativement faibles à

la partie supérieure et larges à la partie inférieure pour faciliter le dégagement et la chute au cendrier des cendres et escarbilles.

Deux produits spéciaux, dont il serait bon, sans doute, de parler plus longuement trouvent également leur place dans cette énumération sommaire ; ce sont : la pâte et la graisse antifriction Belleville.

La pâte antifriction Belleville est spécialement employée pour la garniture des boîtes dites à étoupes pour machines de divers systèmes. Ce produit qui procure des frottements très doux et qui assure l'étanchéité parfaite et la longue durée des garnitures est apprécié pour les machines de l'industrie à terre et celles de la marine, surtout dans les cas où l'on a à compter avec de très fortes pressions.

La graisse antifriction Belleville sert surtout à entretenir la facilité de la manœuvre et l'étanchéité des pièces de robinetterie. Elle est employée à l'égal de la pâte antifriction Belleville pour assurer la douceur des frottements des tiges, axes, tourillons et autres pièces présentant des usures de même genre. Ce produit est assez employé dans l'industrie et dans la marine militaire. Enfin des essais couronnés de succès ont été faits à différentes époques, sur son emploi dans le matériel des chemins de fer.

Vouloir donner ici une description complète et un historique des études du générateur de Belleville pourrait nous entraîner en dehors de notre cadre et allonger outre mesure la liste des considérations que nous sommes en mesure de faire à ce sujet. Nous ne donnerons même pas de description, à proprement dire du générateur Belleville, qui est, nous en sommes persuadés, connu de tous les lecteurs de cet ouvrage. Ce qui sera plus intéressant, au point de vue de la parfaite connaissance de l'appareil en question et de son examen dans un ordre d'idées plus élevé, ce sera de suivre M. Belleville lui-même dans les principes de ses travaux, de voir à quel propos il les a appliqués, dans quelle mesure chacun d'eux a trouvé place et par quelle série de circonstances et d'observations, il en est arrivé à créer son dernier modèle.

Nous avons dit et il est intéressant de savoir que c'est, il y a quarante ans, que M. Belleville commença ses recherches ayant pour objet le remplacement des chaudières à vapeur anciennes par des générateurs donnant contre les explosions des gages certains de sécurité, et pour la production des garanties sérieuses. Une question qui faisait implicitement partie de ce programme consistait à chercher le moyen de réduire le volume des appareils pour une même puissance développée.

M. Belleville débuta en 1850 dans un premier brevet, par un appareil générateur dit à vaporisation instantanée ; au point de vue expérimental, cet appareil fut dès l'abord agréé, mais quand il s'agit de le faire entrer dans le domaine de la pratique on fut amené à y reconnaître de sérieux inconvénients. L'idée première n'en subsistait pas moins toute entière. Sa réalisation était retardée, mais non manquée.

La vaporisation instantanée fut un principe à abandonner quand on se rendit compte du nombre considérable de combinaisons et de formes différentes d'appareils qu'on avait imaginés sans arriver à résoudre ce problème d'une façon ni satisfaisante ni pratique.

La base de ces essais était l'emploi de tubes dont les diamètres intérieurs qui n'avaient que 20 millimètres au début avaient été progressivement augmentés à 70, 90 et 100 millimètres qui sont d'ailleurs restés les trois seuls diamètres employés pour les trois séries distinctes de générateurs modèle 1889.

Les longues années de recherches et d'applications que M. Belleville employa avec tant de succès, en partant du point que nous avons dit, le conduisirent aux conclusions ci-après, sur lesquelles tous les principes de la construction sont établis.

La sécurité à laquelle tout constructeur a le devoir de prétendre contre les effets des expansions brusques n'est pratiquement réalisable qu'à la condition expresse de réduire au minimum le volume d'eau contenu dans chaque ensemble composant un générateur, et de diviser cette eau dans le plus grand nombre possible de compartiments réduits ou éléments générateurs de vapeur. Cette considération est la raison principale pour laquelle M. Belleville a toujours repoussé l'adjonction, à ses faisceaux tubulaires, de réservoirs plus ou moins pleins d'eau. A son point de vue cette adjonction était un retour vers l'ancien état de choses.

Dans un autre genre d'observations, il a été reconnu enfin que les conditions indispensables pour qu'un producteur de vapeur et particulièrement un générateur à tubes d'eau soit susceptible de réaliser un bon et long service, sont les suivants :

1° La dilatation des diverses parties exposées à l'action de la chaleur doit être parfaitement libre dans tous les sens pour éviter que les variations et les écarts de température entre les diverses parties de l'appareil produisent des dislocations, des fuites ou même des ruptures ; ces écarts de température peuvent atteindre une certaine importance, principalement dans la partie des surfaces de chauffe la plus exposée à l'action directe du foyer, quand une croûte de dépôts calcaires isole la paroi, de manière à ralentir la transmission du calorique au liquide à vaporiser et par suite le refroidissement du métal. Ces observations s'appliquent plus spécialement aux tubes, qui, pour ce motif, doivent pouvoir se dilater chacun selon sa température et indépendamment de ses voisins.

La fonte ordinaire doit être exclue de toutes les parties principales des générateurs et de leurs enveloppes, c'est-à-dire, en un mot, de toutes les parties qui sont susceptibles d'atteindre une température élevée et qui sont exposées à de brusques variations de température ; la rupture des pièces n'est en général due qu'à ces variations rapides de température qui ne permettent en aucune sorte le jeu bien égal des dilatations et des contractions.

2° Les diverses parties de la surface de chauffe d'un générateur doivent être facilement accessibles à l'intérieur comme à l'extérieur, afin de permettre en temps utile les nettoyages indispensables.

Si l'eau d'alimentation était toujours chimiquement pure et si le combustible employé ne produisait ni fumée ni cendres fines, une grande quantité des dispositions proposées par M. Belleville au cours de ses longues études eussent été adoptées sans conteste dans le domaine de la pratique ; mais ces conditions ci-dessus énoncées n'existant ni pour l'eau ni pour les gaz de la combustion, la nécessité d'un accès facile de toutes les surfaces intérieures et extérieures s'imposait. Les obstructions que produisent les dépôts calcaires et la diminution de la conductibilité des différentes pièces ne pouvaient être évitées qu'à ce prix.

3° Tous les raccordements des tubes générateurs entre eux ou avec leurs collecteurs doivent être faits au moyen de jonctions vissées ou boulonnées. Ces assemblages procurent en effet la solidité nécessaire pour supporter en toute sécurité les poussées intérieures des hautes pressions et les efforts dus aux dilata-tions inégales qui se produisent dans les appareils.

4° La précipitation des dépôts calcaires doit pouvoir s'effectuer dans les parties du générateur non exposées à l'action directe du foyer ou des gaz chauds, afin d'éviter l'adhérence des incrustations qui prennent naissance, quelle que soit l'activité de la circulation dans le faisceau tubulaire, quand les molécules d'eau s'échauffent ou se vaporisent au contact de la surface échauffée. Il est à noter que si la rapidité de la circulation de l'eau peut retarder dans une certaine mesure le dépôt des incrustations, il serait faux d'affirmer que cette circulation active peut les supprimer ou les éviter radicalement. De nombreux essais ont fait foi de cette assertion.

5° Une parfaite utilisation des surfaces de chauffe et une conservation indéfinie des tubes ne peuvent être obtenues que si chacun des éléments dont se compose le générateur, est parcouru constamment par un courant actif d'eau et de vapeur en circulation forcée.

Chaque élément vaporisateur forme ainsi une conduite unique et continue de la base au sommet. Aucune partie de sa surface de chauffe ne peut être soustraite, même pour un moment, à l'action du courant qui absorbe la chaleur transmise par les pièces.

6° Il y a une nécessité absolue de séparer l'une de l'autre par un essorage effectif, l'eau et la vapeur qui composent les produits de la vaporisation. Cette opération de l'essorage doit être pratiquée de telle sorte que l'eau séparée de la vapeur puisse retourner librement aux éléments générateurs, au point de départ des molécules liquides soumises à la circulation, et que d'autre part, la vapeur bien séchée se dégage en un point spécial. Cette séparation de l'eau et de la vapeur doit toujours avoir lieu, car les produits d'une vaporisation quelconque, qu'ils soient engendrés d'une circulation dans des tubes, ou d'une ébullition

tumultueuse dans un réservoir quelconque, sont toujours constitués par un mélange d'eau et de vapeur.

7° La régularité de la pression de la vapeur et celle de l'alimentation de l'appareil sont, comme chacun sait, les conditions essentielles du bon fonctionnement d'un générateur. Mais dans un générateur de sécurité tel que ceux qu'a présentés M. Belleville, ces conditions étaient malaisées à remplir.

Il est possible, évidemment, d'obtenir une régularité relative du service d'un générateur en ajoutant, à son faisceau tubulaire, des réservoirs d'eau et de vapeur de capacités convenables. Mais cette solution est en absolue contradiction avec le but que devraient atteindre les générateurs dont il est question, c'est-à-dire réduire au minimum les effets dynamiques des explosions par la réduction du volume d'eau employé.

Cette question de sécurité, qui a toujours été en première considération dans toutes les études de la maison Belleville, et les principes de construction énumérés ci-dessus ayant toujours fait la base de ses recherches, cette conséquence a été adoptée dès l'abord que la régularité d'alimentation et de pression devait être obtenue par des organes automatiques.

Les chevaux alimentaires automatiques Belleville furent la première mise à exécution de ces résolutions si bien définies. Par leur emploi, l'afflux d'eau au générateur fut réglé. D'autres appareils automatiques furent étudiés en vue de régler également l'activité de la combustion suivant les nécessités du travail.

C'est cet ensemble de dispositions nettement déterminées dont nous avons maintenant à parler d'une façon sommaire. Avant d'en aborder l'examen, il est cependant utile de placer une remarque.

Les sept paragraphes précédents, dans lesquels nous avons dû relater les conditions théoriques et pratiques de l'établissement d'un générateur de sécurité sont, à vrai dire, les énoncés des questions que se proposent de résoudre tous les constructeurs de générateurs multitubulaires.

Il n'y eût donc pas eu de faute à placer cette énumération hors du cadre particulier de chaque description, et à en appliquer les déductions à chacun des systèmes multitubulaires décrits dans notre étude.

Nous croyons cependant nous placer sur le vrai terrain en suivant ainsi pas à pas, non les progrès réalisés par tous les constructeurs de générateurs multitubulaires, mais les résultats successifs obtenus par celui qui parla le premier en faveur de ces appareils.

Un aperçu général sur les conditions à remplir par un générateur multitubulaire devait trouver sa place toute marquée à côté d'un examen du générateur Belleville.

Les générateurs modèle 1889, dont M. Belleville présente à l'Exposition les premiers spécimens, comportent en leur ensemble la réalisation des conditions diverses que nous avons signalées dans la première partie de ce chapitre. Voici

quelles sont en quelques lignes, les principes essentiellement pratiques d'après lesquels leur construction a été conçue.

1° La complète liberté de dilatation des tubes a été obtenue en divisant chaque générateur en éléments ou fractions bien distinctes indépendantes les unes des autres ; chacun de ces éléments affecte la forme d'un serpentin aplati dont l'ensemble se prête d'une façon parfaite au libre jeu des allongements de toutes les pièces. La fonte ordinaire est absolument hors d'emploi dans toutes les pièces essentielles des générateurs et de leurs enveloppes ; le fer, l'acier coulé et le fer coulé sont les seuls métaux employés pour ces organes.

La fonte mécanique n'a été conservée que pour les pièces accessoires, situées à l'extérieur des générateurs. Ces pièces, en effet, n'étant pas exposées à l'action du foyer ne sont aucunement soumises à des températures brusquement variables, capables de provoquer des ruptures.

2° Tout ensemble d'éléments constituant un générateur est renfermé dans une enveloppe formée de tôles et cornières et de briques. Cette enveloppe qui affecte la forme d'un parallépipède accessible à l'intérieur par sa façade seulement est munie des portes de la boîte à tubes, du foyer et du cendrier.

L'accès de l'intérieur et de l'extérieur des tubes est dès lors rendu extrêmement facile, avec cette raison de plus que leur faible longueur ajoutée à la commodité des nettoyages. Les nettoyages intérieurs de ces tubes se font par un orifice clos en marche par un bouchon en fer maintenu par un boulon en acier.

La jonction entre les divers tubes d'un même élément se fait au moyen de boîtes de raccord isolées et indépendantes mais laissant entre elles en tous sens, des intervalles très suffisants pour le passage des brosses et autres ustensiles de nettoyage.

3° Le joint à vis, assujéti par des manchons et contre-bagues est dans le générateur Belleville exclusivement employé. Les autres natures de joints, même le joint métallique à emboîtement conique ont été éliminés après comparaison.

Le démontage des tubes dans le cas où une grande réparation serait à faire, s'opère facilement en coupant au burin les manchons et bagues de très peu de valeur qui les attachent à la pièce principale.

4° La précipitation des sels calcaires à l'état de boues en suspension dans l'eau, dans un organe spécial, est obtenue d'une façon parfaite. Les importants travaux de M. Couste, directeur des manufactures de l'État, au sujet de la décroissance de solubilité du sulfate de chaux et du carbonate de chaux avec la température ont apporté leur appoint à la réalisation de cet intéressant problème.

Les conditions pratiques nécessaires à une opération de ce genre sont réalisées dans un organe d'épuration spécial ou déjecteur, où les boues s'amassent et d'où elles peuvent être extraites périodiquement.

5° La circulation forcée qui est une condition essentielle du bon fonctionnement d'un générateur à tubes d'eau est obtenue au moyen des dispositions suivantes :

Éléments vaporisateurs, formant un canal unique et continu ; réservoir collecteur réunissant le mélange d'eau et de vapeur qui provient des éléments et recevant l'eau d'alimentation, enfin, tuyaux extérieurs reliant le réservoir collecteur à la base des éléments, avec ou sans interposition d'un récipient formant déjecteur de dépôts calcaires.

La différence de densité moyenne entre l'eau qui fait continuellement retour par les tuyaux extérieurs et le contenu des éléments où l'eau se charge de vapeur est, on le comprend, dans ces conditions spéciales, la cause de la circulation forcée qui se produit de la base au sommet de l'appareil.

Il est intéressant après ces quelques considérations réellement pratiques, de décrire d'une façon sommaire l'appareil dont l'application est dans le principe même des études de M. Belleville ; nous voulons parler du cheval alimentaire automatique Belleville.

Le petit cheval alimentaire Belleville est à double effet et rappelle dans son ensemble les dispositions des pompes à vapeur du genre américain.

Le cylindre à vapeur et le cylindre à eau sont placés vis-à-vis l'un de l'autre, les deux pistons sont fixés sur la même tige.

Le tiroir est mû par un levier terminé par une fourche oscillant autour d'un axe fixe situé à égale distance des cylindres. Les branches de cette fourche sont à cheval sur la tige des pistons et comprennent entre elles un manchon fixé sur la tige ; dans son mouvement alternatif ce manchon vient buter à chaque bout de course contre les branches de la fourche et déplace ainsi le tiroir dans le sens convenable.

Afin que la résistance du tiroir ne puisse arrêter le train du piston quand il marche à faible vitesse, on a imaginé de supprimer toute charge sur le piston à eau au moment où le manchon vient buter sur la fourche de distribution. Pour arriver à ce résultat un robinet de décharge mû par un levier attelé à la tige motrice s'ouvre à cet instant et met en communication le dessous du piston à eau avec l'aspiration. Le piston à vapeur n'a plus alors à faire d'autre effort que celui nécessaire pour déplacer le tiroir, et le passage du point mort est toujours certain.

Pour éviter les emportements, au cas où l'eau viendrait à manquer à l'aspiration, on a placé dans le bâti, sous l'extrémité des branches de la fourche de distribution de petits tampons de chocs appuyés par des ressorts. Si le manchon de la tige venait buter avec trop de vitesse contre la fourche, comme cela arriverait en cas d'emportement, celle-ci viendrait toucher le tampon de choc et serait rejetée par lui vers sa position moyenne, qui correspond à la fermeture du tiroir. Il y aurait donc arrêt instantané.

Le piston à vapeur est du système ordinaire avec deux bagues métalliques. Le tiroir est à coquille, sa tige traverse la boîte de part en part et est guidée par deux presses-étoupes, la glace est en fonte et rapportée.

Les clapets d'aspiration et de refoulement, sont formés d'une rondelle de bois dur tenue dans une armure en bronze qui l'enveloppe sur tout son pourtour et toute sa hauteur. Ils sont lourds et n'ont qu'une faible levée. Ils n'y a pas de réservoir d'air sur le refoulement.

Le tuyau d'aspiration plonge dans la bache d'alimentation, celui de refoulement aboutit à la boîte à crepin de l'alimentation au générateur.

Le graissage de la boîte à tiroir se fait au moyen d'un graisseur automatique ; c'est un vase étanche vissé sur le dos de la boîte et communiquant d'une manière constante avec elle par un orifice de très faible diamètre dont on règle la section au moyen d'une aiguille conique. On remplit le vase d'huile et on le ferme. Chaque fois que la pression s'élève dans la boîte à tiroir, une bulle de vapeur pénètre dans le vase ; quand elle baisse, une goutte d'huile en sort. Quand on arrête, l'appareil cesse de fonctionner.

Terminons en signalant la facilité de l'accès et de la visite de toutes les parties du petit cheval alimentaire de Belleville.

De nombreux essais ont été faits dans la marine où ces appareils sont plus souvent installés. Ces essais en ont fait ressortir la bonne marche et la parfaite construction.

Pour donner un exemple de ces essais, citons celui qui a été fait sur le petit cheval alimentaire du *Voltigeur*.

Pression de la vapeur	Pression au refoulement d'eau	durée de l'essai	Nombre de coups doubles par essai	Débit par essai	Nombre de coups doubles par minute	Débit par heure	Débit par coup double	OBSERVATIONS
2 <sup>k</sup> ,4	4,4	41'42"	703	3136	16.8	4152	4,460	Pression croissante au tuyau de vapeur et croissante au refoulement. Pression constante au tuyau de vapeur et constante au refoulement.
2,5	4,3	28 8	650	3072	28.1	7966	4,726	
2,6	4,4	16	652	3136	40.1	11768	4,884	
2,7	4,2	12 8	619	3072	51	15190	4,962	
3	4,6	10 30	619	3136	58.9	17920	5,066	
3,3	4,6	8 35	602	3072	70.2	21474	5,102	
3,7	4,3	7 17	606	3072	83.2	25307	5,069	
4,1	4,2	6 5	623	3136	102.4	30930	5,033	
4,2	5,0	6 50	641	3136	93.8	27535	4,892	
4,5	6,1	7 13	602	3072	83.4	25540	5,102	
4,3	7,0	10 9	627	3136	61.8	18538	5,002	
4,4	7,2	10 57	628	3072	57.4	16832	4,891	
4,5	8,0	11 45	631	3136	53.7	16013	4,969	

Quand la pression croît à partir de 0 et est maintenue la même au tuyau de refoulement et au tuyau de vapeur le petit-cheval se met en route à 0<sup>k</sup>,5.

Pour partir avec 4<sup>k</sup>,5 de pression au tuyau de refoulement, il faut 2<sup>k</sup>,4 au tuyau de vapeur.

La pression au tuyau de vapeur ne dépassant pas 4<sup>k</sup>,3, le petit-cheval s'arrête quand la pression de refoulement atteint 9 kg.

Le débit de l'appareil a été mesuré à diverses allures d'abord en maintenant la pression au refoulement à la même valeur moyenne de 4 kil. 400 et faisant croître de 2 kil. 400 à 4 kil. 200 la pression au cylindre moteur puis en faisant croître de 5 à 8 kilogrammes la pression au refoulement et gardant une même pression maximum de 4 kil. 300 au cylindre moteur.

L'aspiration se faisait sous une charge moyenne de 1 mètre.

Le tableau ci-dessus donne les résultats principaux obtenus.

Ces résultats, indiqués par une commission de recette spéciale présidée par le contre-amiral Halligon, major de la flotte au port de Brest, peuvent être donnés avec la plus grande garantie.

Les essais les plus complets ont été faits à différentes époques sur les générateurs Belleville eux-mêmes, à l'effet d'en déterminer les rendements suivant les conditions du travail. Pour ne donner qu'un exemple de la précision avec laquelle ces expériences ont été menées, nous citerons celle de l'Exposition internationale de Nice en mai 1884.

La puissance nominale des générateurs soumis aux essais de vaporisation était de 100 chevaux de 20 kilogrammes de vapeur, la surface totale de chauffe 117<sup>m</sup><sup>e</sup>,46 et la surface de grille 3<sup>m</sup><sup>e</sup>,69.

Les caractéristiques importantes de ces essais peuvent être résumées dans le tableau suivant :

Date de l'essai . . . . .	9 mai 1884
Pression barométrique . . . . .	768 m/m
Température extérieure . . . . .	20°
— de la chambre de chauffe . . . . .	23°
Durée de l'essai . . . . .	4 <sup>h</sup> ,5'
Charbon brûlé pendant l'essai . . . . .	Briquettes Sud-Est
Quantité de ce charbon brûlée . . . . .	1003 kg.
Tirage en m/m d'eau (dans la boîte à tubes). . . . .	3 m/m
Cendres, escarbilles et mâchefers, poids total. . . . .	103 <sup>k</sup> ,400
— — — prop. % . . . . .	9 %
Mâchefer en tant % du charbon brûlé. . . . .	1,2 %
Poids net de charbon sans les résidus. . . . .	900 k.
Pression moyenne au générateur . . . . .	10 <sup>k</sup> ,99
Température correspondante. . . . .	183°
Pression de la vapeur après le détendeur . . . . .	6 <sup>k</sup> ,55
Quantité d'eau vaporisée pendant l'essai . . . . .	9292 k.
Eau vaporisée par heure de marche . . . . .	2277 k.
Température de l'eau d'alimentation . . . . .	17°5
Charbon brûlé par heure . . . . .	245 <sup>k</sup> ,8
— — — et par mètre carré de grille.	66,8
Eau vaporisée par kilog. de charbon brut et à 11 kg. . . . .	9,260
— — — et à 0° . . . . .	9,020
— — — et à 5 kg. . . . .	9,160
Vaporisation par m.c. de sur-face de grille } Eau vaporisée à 11 kg. . . . .	617 kg.
— — — — — à 0° . . . . .	601 »
— — — — — à 5 kg. . . . .	610 »

L'eau d'alimentation avait donné à l'analyse hydrotimétrique avant et après son passage à l'épuration, les résultats suivants :

Sels contenus dans l'eau.	A l'entrée dans le générateur	Après le passage à l'épuration	Proportion des sels précipités à l'épuration
Carbonate de chaux	0 <sup>g</sup> ,060	0 <sup>g</sup> ,010	83 %
Sulfate de chaux	0 336	0 014	96 %
Magnésie. . . . .	0 012	0 012	0 %
} pour 1 litre d'eau.	0 <sup>g</sup> ,408	0 <sup>g</sup> ,036	

La nature du charbon était la suivante :

Densité . . . . .	1,24
Cohésion . . . . .	0,48
Poids à l'encombrement de 1 mètre carré . . . . .	732 kg.
Puissance de vaporisation, le cardiff étant pris pour unité . . . . .	0,92
Prix des 1000 kilog. rendus à Nice . . . . .	36 fr.
Prix de la vaporisation à 5 kg. de 1000 kgs. d'eau à 8°	3 <sup>l</sup> ,98

Cassure à grains fins et réguliers alternativement brillants et ternes ; tâche un peu les doigts ; s'allume facilement ; brûle avec une flamme blanche de longueur moyenne ; fumée très peu colorée et peu abondante ; brûle bien avec une épaisseur de 12 centimètres sur les grilles à barreaux ondulés système Belleville.

Les applications des générateurs Belleville sont actuellement extrêmement nombreuses. La marine militaire française en possède surtout à l'heure présente. des plus importants modèles. Citons au hasard, l'installation de 6 générateurs sur l'avisos de 1000 chevaux le *Voltigeur*, celle de 12 générateurs sur le croiseur de 3,800 chevaux le *Milan*, des 8 générateurs du croiseur de 2,100 chevaux le *Rigault de Genouilly*, des 18 générateurs de la frégate cuirassée de 6,000 chevaux, le *Minime* de la marine impériale russe et tant d'autres dont l'énumération serait longue mais intéressante en tous points à faire connaître.

Les installations à terre ne sont ni moins nombreuses ni moins intéressantes. Les plus importantes usines, les grands services nationaux, les manufactures de l'Etat sont munis de générateurs Belleville en nombre parfois considérable.

Citons seulement les 17 générateurs fournis de 1866 à 1888 à la manufacture d'armes de St-Etienne, les huit de la poudrière du Moulin-Blanc, les huit de l'Hôtel des Postes, les quatre du Journal Officiel à Paris, ceux des manufactures de tabacs du Mans, de Bordeaux, de Pantin et de Dijon, etc., etc.

Les théâtres du Grand Opéra, de la Comédie Française, de l'Odéon, de la Gaîté, du Châtelet, etc., en sont munis pour la fourniture de la lumière électrique, les grands magasins les ont également adoptés. En un mot, les applications en sont universellement répandues.

Les six générateurs installés dans la cour de la force motrice derrière le Palais des Machines sont du type fixe, modèle 1889.

Leurs caractéristiques principales sont les suivantes :

Générateur n° 1	
Capacité totale . . . . .	1192 litres
Surface de chauffe . . . . .	53 <sup>m</sup> ,68
Générateur n° 2	
Capacité totale . . . . .	4083 litres
Surface de chauffe . . . . .	131 <sup>m</sup> ,94
Générateur n° 3	
Capacité totale . . . . .	3008 litres
Surface de chauffe . . . . .	98 <sup>m</sup> ,96
Générateur n° 4	
Capacité totale . . . . .	3008 litres
Surface de chauffe . . . . .	98 <sup>m</sup> ,96
Générateur n° 5	
Capacité totale . . . . .	4083 litres
Surface de chauffe . . . . .	131 <sup>m</sup> ,94
Générateur n° 6	
Capacité totale . . . . .	2168 litres
Surface de chauffe . . . . .	84 <sup>m</sup> ,67

Ces six appareils sont pris par l'Administration pour une fourniture normale de 10,000 kilogr., par heure. Les expériences de vaporisation qui ont été faites sur le groupe entier ont montré qu'il était capable de produire 15,600 kilogrammes de vapeur à l'heure.

Une cheminée en briques de 35 mètres de hauteur complète l'installation.

Les générateurs dont il est question alimentent de vapeur les classes 52 et 53 et les machines motrices suivantes :

MM. Lecouteux et Garnier à Paris.

Windsor à Rouen.

Chaligny et C<sup>ie</sup> à Paris.

Farcot à St Ouen.

Sulzer frères à Winterthur, Suisse.

Escher Wyss à Zurich.

Olry, Granddemange et Coulanghon à Paris.

Berger André à Thann, (Alsace).

Nous devons à la vérité de dire que ce service d'alimentation de vapeur de la plus importante section du Palais des Machines est au-dessus de toute critique.

La distribution de la vapeur se fait au moyen de deux conduites parallèles en fer étiré de 150 millimètres de diamètre intérieur.

---

# GÉNÉRATEURS DE VAPEUR

(Système de Naeyer)

(Planches 3, 4, 5 et 6)

MM. de Naeyer et C<sup>ie</sup> ont installé dans l'enceinte de l'Exposition et pour répondre à divers besoins, un certain nombre de générateurs multitubulaires de leur système, dont six pour la fourniture de la vapeur dans l'intérieur du Palais des Machines, et un spécial à la station centrale d'électricité du Syndicat international des électriciens.

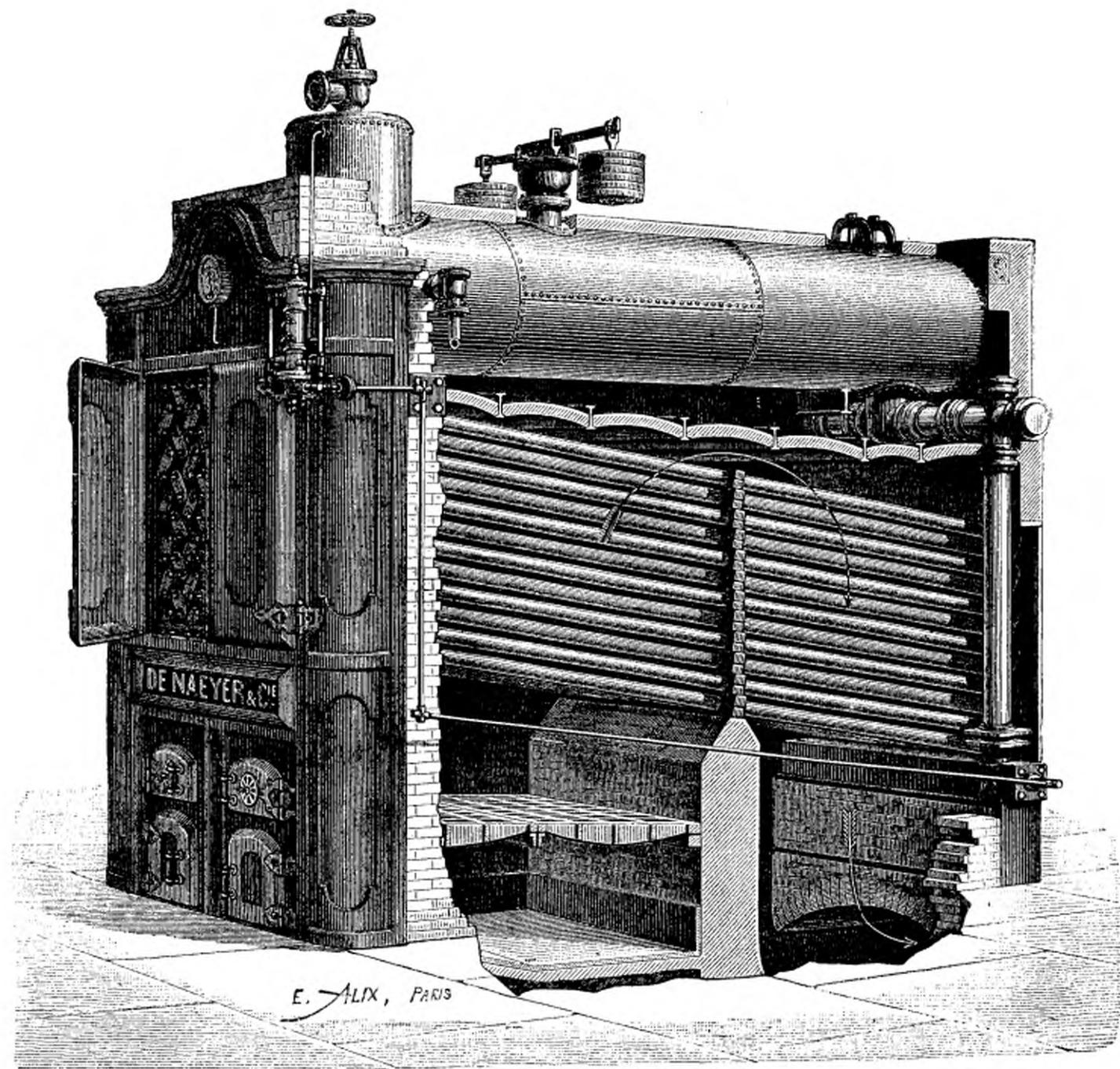
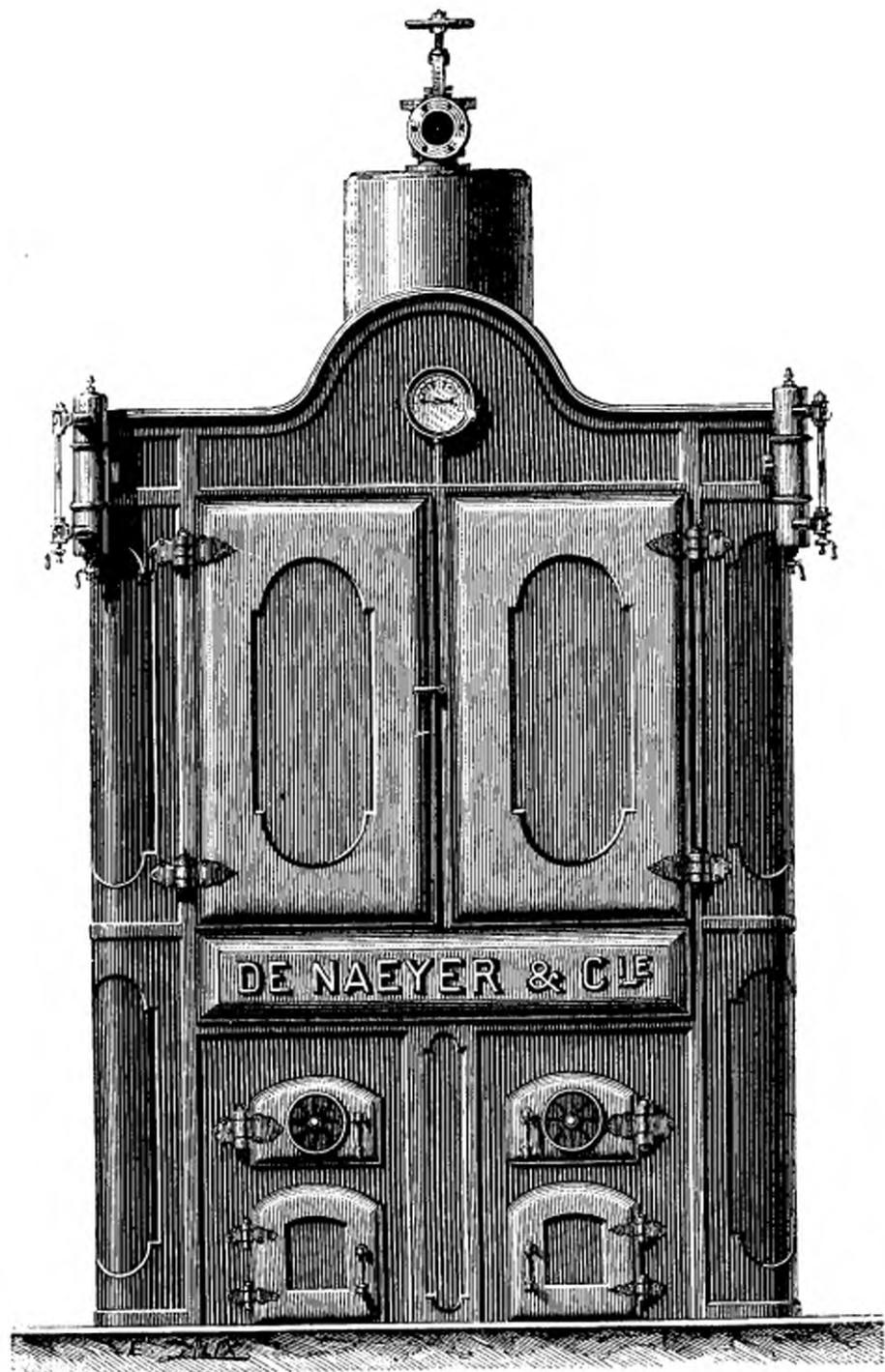
Les six générateurs installés dans la Cour de la force motrice fournissent une quantité totale de vapeur de 12,500 kilogrammes par heure de marche normale et alimentent la section Belge entièrement. L'un de ces six générateurs est relié à la canalisation de vapeur de MM. Roser, Daydé et Pillé, pour le supplément de vapeur qui était demandé par la section Suisse.

Les six générateurs sont timbrés à 12 kilogrammes et fournissent en marche normale dans la conduite principale de vapeur, de la vapeur à 8 kilogrammes de pression.

Les caractéristiques de ces chaudières sont les suivantes :

N° 1. — Capacité totale . . . . .	14 <sup>m3</sup> , 586
Surface de chauffe . . . . .	252 <sup>m2</sup> , »
N° 2. — Capacité totale . . . . .	17 <sup>m3</sup> , 590
Surface de chauffe . . . . .	285 <sup>m2</sup> , »
N° 3. — Capacité totale . . . . .	19 <sup>m3</sup> , 386
Surface de chauffe . . . . .	285 <sup>m2</sup> , »
N° 4. — (Générateur avec réchauffeur)	
Capacité totale . . . . .	20 <sup>m3</sup> , 743
Surface de chauffe . . . . .	308 <sup>m2</sup> , »
N° 5. — (Générateur avec réchauffeur)	
Capacité totale . . . . .	18 <sup>m3</sup> , 392
Surface de chauffe . . . . .	316 <sup>m2</sup> , »
N° 6. — Capacité totale . . . . .	14 <sup>m3</sup> , »
Surface de chauffe . . . . .	236 <sup>m2</sup> , »

*Description.* — La chaudière de Naeyer se compose d'un nombre variable de tubes en fer laminé, dans lesquels l'eau circule et la vapeur se produit. Le diamètre maximum de ces tubes est de 0<sup>m</sup>,120, leur épaisseur est de 5 millimètres. Leur longueur varie suivant les types de 3 à 5 mètres.



VUE D'AVANT ET COUPE LONGITUDINALE D'UN GÉNÉRATEUR, SYSTÈME DE NAEYER

Les tubes sont accouplés à l'aide de boîtes de raccord en fonte ordinaire, en fonte malléable ou en acier fondu, suivant la nature des installations et le timbre des chaudières. L'assemblage de deux tubes réunis par leurs boîtes de raccord forme un élément.

L'assemblage de plusieurs éléments compose une série. Les divers éléments sont réunis entre eux au moyen de boîtes de communications et de bagues en fer à emboîtement conique; ce joint, dont la qualité est universellement reconnue des industriels existe aussi dans les communications entre éléments et se trouve assuré par un seul boulon. Il est parfaitement étanche et se fait sans l'emploi de caoutchouc, d'amiante, de mastic ou d'une graisse quelconque.

Le générateur est composé d'un certain nombre de séries verticales de tubes réunies côte à côte. Les tubes sont inclinés de l'avant vers l'arrière de la chaudière. L'évacuation de la vapeur et la circulation de l'eau ne font que gagner à cette disposition.

La vapeur produite par les éléments de tubes se dégage par les communications de l'avant de la chaudière et se rend de là dans un collecteur placé à la partie supérieure. Ce collecteur communique lui-même avec un grand réservoir en tôle placé au-dessus du faisceau tubulaire, mais non chauffé.

Le réservoir dont il s'agit est raccordé au collecteur d'alimentation placé à la partie postérieure et inférieure de la chaudière, c'est-à-dire à la partie basse du faisceau tubulaire, au moyen de deux tubes de forte section pour le retour d'eau.

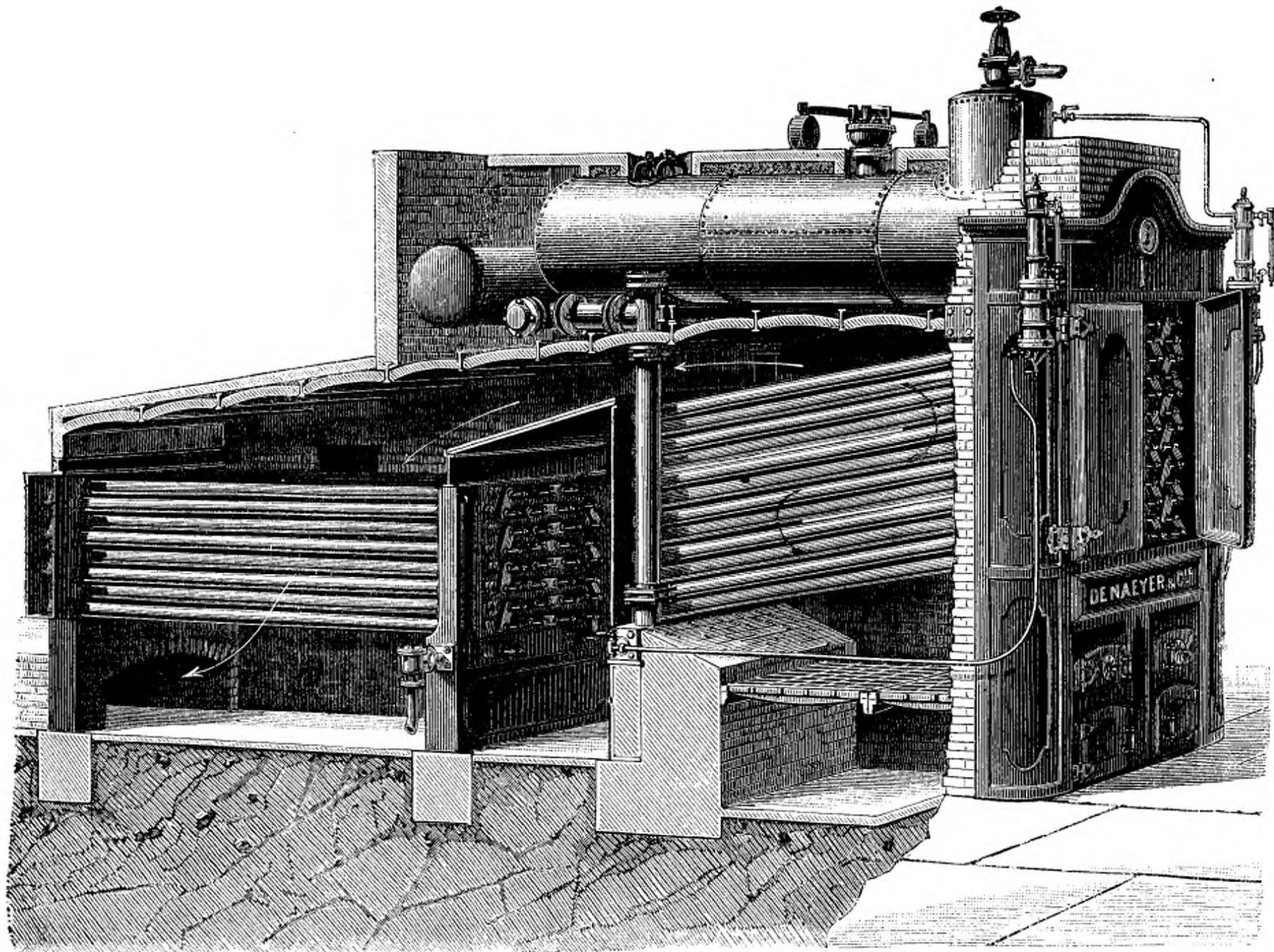
Les tubes vaporisateurs sont placés en quinconce par suite de la disposition particulière des boîtes de raccord. Leur longueur est sectionnée en plusieurs parties indiquées par des cloisons ou chicanes parallèles et verticales forçant les produits de la combustion à se diviser en couches minces, ce qui permet l'utilisation aussi complète que possible du calorique engendré.

L'équivalent de vaporisation en charbon brut varie de 8 à 9. Ces chiffres sont pris à condition que le charbon soit employé tel qu'il est, c'est-à-dire menu et déchets compris.

Les chaudières du type que nous venons de décrire sont considérées avec juste raison comme donnant des résultats très satisfaisants et un rendement aussi élevé que possible, tout en produisant la vapeur dans les meilleures conditions d'utilisation.

Toutefois, elles laissent encore s'échapper les produits de la combustion allant à la cheminée à une température trop élevée. Cette température atteint en effet dans certains cas 200 et 225 degrés centigrades.

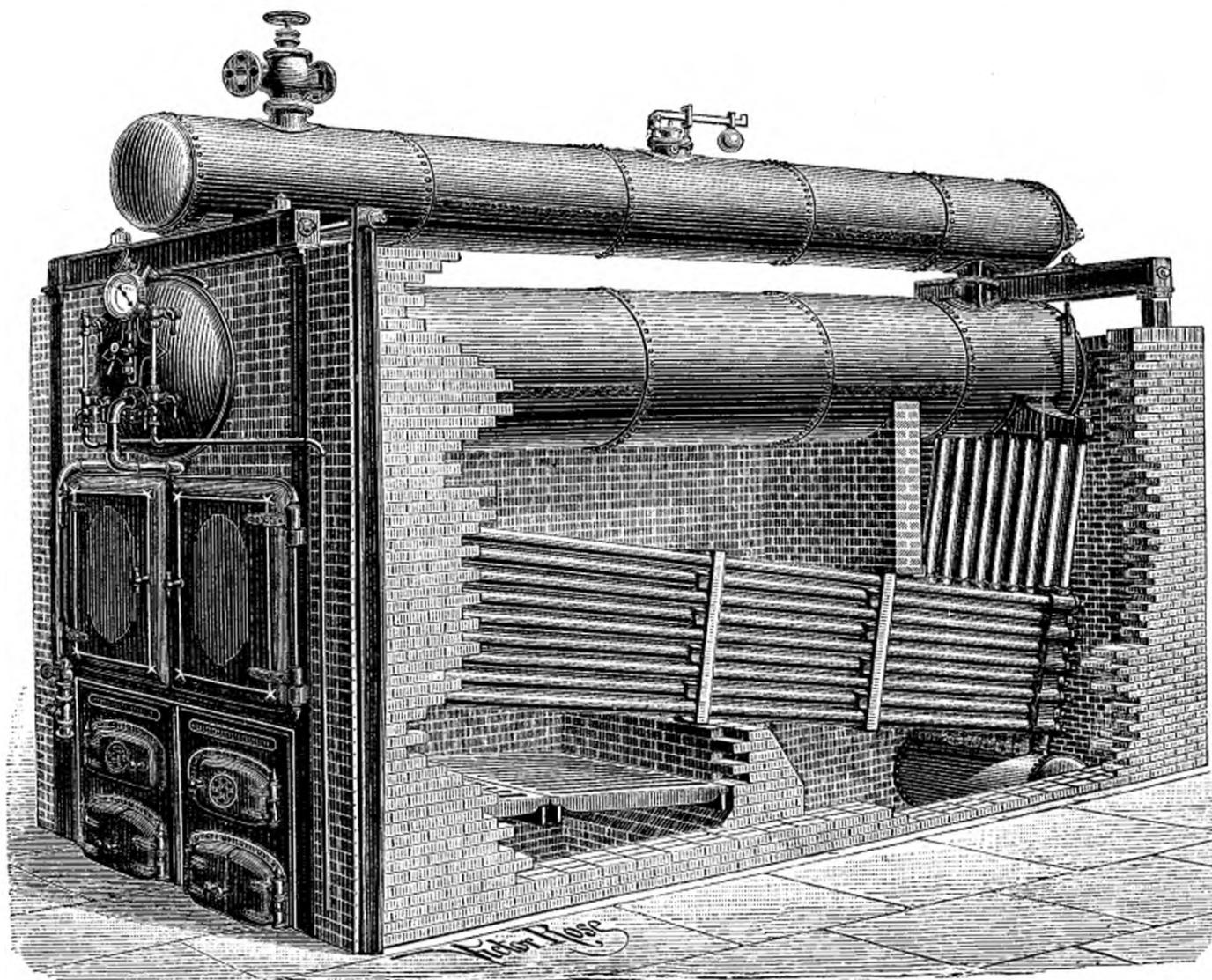
Cette chaleur est naturellement utilisable et son utilisation ne peut, en effet, qu'augmenter dans de notables proportions le rendement en vapeur de l'appareil. Dans ce but on a placé entre la chaudière et le carneau à fumée allant à la cheminée, un certain nombre de tubes disposés en quinconce comme ceux



COUPE LONGITUDINALE D'UN GÉNÉRATEUR ET D'UN RÉCHAUFFEUR, SYSTÈME DE NAEYER

du générateur lui-même et dans lesquels l'eau d'alimentation circule en serpentant de bas en haut, c'est-à-dire en sens inverse de la marche des gaz chauds.

Cette disposition permet d'enlever aux gaz de la combustion, la plus grande partie de leur calorique et fait qu'ils s'échappent à une température de 150 degrés environ.



COUPE LONGITUDINALE D'UNE CHAUDIÈRE A FAISCEAU SECTIONNÉ.

La chaleur perdue par les gaz est cédée à l'eau d'alimentation qui arrive au générateur à une température déjà élevée. La production de vapeur pour le même poids de charbon brûlé est augmentée ainsi dans la proportion de 10 à 15 % en moyenne.

Le réchauffeur se place de préférence immédiatement derrière la chaudière, mais on peut lorsque l'emplacement disponible ne permet pas d'adopter cette

disposition, le placer latéralement. L'espace occupé sur le sol par le réchauffeur est à peu près le même que celui de la chaudière à laquelle il correspond.

Les figures ci-dessus indiquent la disposition du réchauffeur, le sens de la marche de l'eau et l'accouplement des boîtes forçant l'eau à circuler en serpentant d'une rangée de tubes à l'autre.

Il est à remarquer que la température des gaz allant à la cheminée étant très basse, il est indispensable de disposer d'un excellent tirage. L'adjonction du récupérateur de chaleur que nous venons de citer est considérée à juste titre comme un perfectionnement appréciable donnant dans toute installation une économie fort sensible.

La maison de Naeyer construit, en outre, un type de chaudières spécial destiné principalement pour le cas où l'on ne dispose que de peu de hauteur, comme il arrive presque toujours pour les générateurs devant servir au chauffage à la vapeur ou aux installations de lumière électrique, et que l'on est toujours obligé de placer dans les sous-sols.

Toutefois, afin de conserver la même surface de chauffe, on emploie dans ce cas, des tubes plus longs dont le faisceau est sectionné en trois parties par deux cloisons qui forcent les gaz de la combustion à deux retours. Toutes les autres parties de la chaudière sont conservées sans modification.

*Alimentation.* — On a adopté dans les générateurs de Naeyer un mode d'alimentation rationnel débarrassant presque complètement l'eau des sels calcaires qu'elle renferme. Ce système est établi sur ce que l'eau portée brusquement à une température de 140 à 150 degrés ne dissout plus qu'en très petite quantité les sels calcaires qu'elle contient ; ces sels se précipitent à l'état pulvérulent.

Pour obtenir ce résultat, l'alimentation se fait directement dans le courant de vapeur qui se dégage du collecteur supérieur. Ce dispositif permet aux sels calcaires de se précipiter immédiatement et l'eau ainsi épurée, se rend au collecteur d'alimentation par l'intermédiaire d'un tuyau de trop-plein placé à l'extrémité opposée du réservoir.

La décantation s'opère presque complètement à cause de la lenteur du mouvement du liquide dans le réservoir. Les calcaires se réunissent sous forme de boue liquide dans un décanteur spécial d'où on les retire à volonté sans qu'il soit besoin pour cela d'arrêter le générateur.

L'eau après avoir subi cette décantation arrive au collecteur d'alimentation par les tuyaux de retour d'eau et la répartit dans le faisceau tubulaire. Le courant ascensionnel de vapeur produit une circulation active du liquide. Ce mouvement rapide est une bonne garantie contre les incrustations et par suite contre les nombreux accidents qui en dérivent.

*Production de vapeur.* — Il est à remarquer que dans ce générateur, la

grande section des communications entre tubes de la même série et des adductions au collecteur supérieur, permet une évacuation rapide de la vapeur formée et son libre dégagement à la surface d'évaporation. Cette circonstance favorise également la répartition bien uniforme de l'eau d'alimentation dans les diverses parties de l'appareil. Les tubes vaporisateurs étant reliés entre eux à l'avant comme à l'arrière de la chaudière, il est facile de voir que le dégagement de la vapeur peut se faire au fur et à mesure de sa génération. Chaque tube forme pour ainsi dire un appareil générateur distinct recevant par la partie inférieure son alimentation et dégageant la vapeur produite par l'extrémité supérieure.

La vapeur produite par chaque série de tubes se réunit dans un collecteur et se rend de ce collecteur à un réservoir spécial muni d'un dôme, en passant par une ouverture à large section où l'étranglement où le laminage de la vapeur ne peuvent entrer en ligne de compte.

On fait parcourir à la vapeur un assez grand chemin en changeant plusieurs fois de direction pour qu'elle arrive au dôme de prise aussi sèche que possible. Le niveau ordinaire de l'eau est réglé de manière à avoir une certaine quantité d'eau dans le réservoir, ce qui donne à ce niveau la stabilité désirable et ce qui assure une marche régulière.

Les chaudières multitubulaires, système de Naeyer étant composées d'un grand nombre de tubes en fer laminé d'un diamètre relativement faible et reliés l'un à l'autre par des boîtes de communication également en fer, sans l'intervention d'aucune matière étrangère ou plastique pour les joints, on conçoit que les différentes parties de l'appareil offrent à la rupture ou même à la détérioration une résistance considérable. La rapide circulation de l'eau dans les tubes assure une température égale dans la masse du liquide ; les détériorations dues aux dilatactions inégales sont donc de ce fait évitées.

Une garantie de sécurité offerte par ces chaudières est que, dans le cas fort improbable où le niveau viendrait à baisser tout à coup d'une manière inquiétante, la circulation de l'eau et de la vapeur dans les tubes ne serait aucunement gênée.

Si par un manque d'attention du chauffeur le niveau baissait jusqu'à vider quelques tubes, ceux-ci brûleraient sans occasionner d'explosion.

Le réservoir en tôle placé à la partie supérieure et dans lequel s'accumule la vapeur étant placé en dehors du passage des gaz de la combustion, la matière dont il est formé est à l'abri de toute brûlure et de toute corrosion.

Si, par suite d'un défaut quelconque un tube venait à se rompre, le générateur se viderait sans occasionner d'explosion.

La capacité d'eau et de vapeur est une donnée importante dans la construction des générateurs multitubulaires. Si, dans certains cas, on a cherché à diminuer considérablement le volume d'eau contenu dans une chaudière, il a toujours

fallu s'inquiéter de pouvoir parer sans fluctuations de pression trop grandes, à toutes les éventualités d'une marche irrégulière.

Avec les chaudières de trop faible capacité, il est démontré que cet équilibre de pression ne peut exister qu'au prix des plus grands efforts. La pression monte et descend rapidement et le niveau de l'eau est sujet à des variations fréquentes et de grandes amplitudes. De plus l'alimentation devant se répéter très souvent, il y a beaucoup de chances pour que la vapeur obtenue soit de la vapeur humide.

Les générateurs de Naeyer sont à ces divers points de vue à l'abri de toute critique. D'ailleurs les dimensions de leurs divers organes et surtout celles des réservoirs d'eau et de vapeur ont été l'objet de recherches minutieuses et d'expériences nombreuses faites sur des chaudières de capacités différentes.

Pour certains cas particuliers, tels que ceux des installations de distilleries, teintureries, machines soufflantes, trains de laminoirs, etc., où les prises de vapeur sont extrêmement brusques, les dimensions des réservoirs sont encore augmentées.

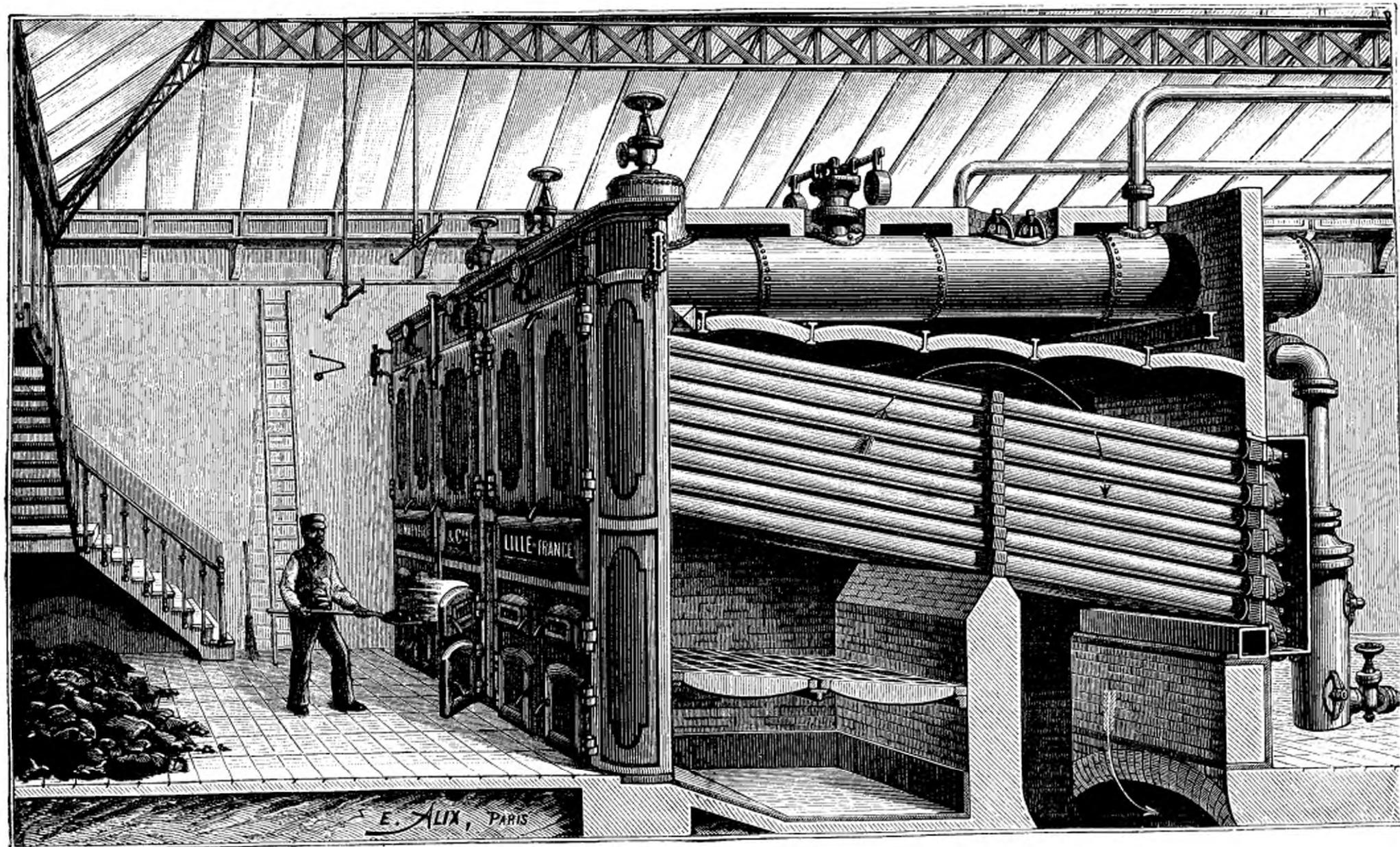
*Nettoyage et Réparations.* — Le nettoyage de la chaudière de Naeyer a été prévu d'une façon fort complète par ses constructeurs. Le système de joints à double cône employé pour les communications entre les éléments permet la visite des tubes et la rend très facile. Les tubes pouvant être ouverts à leurs deux extrémités, leur nettoyage intérieur se fait avec une grande commodité. Il est d'ailleurs simplifié d'une notable façon par suite du rôle bienfaisant joué par le décanteur.

Avec une eau ordinaire, le générateur de Naeyer marche facilement six semaines ou deux mois avant d'exiger une visite ou un nettoyage quelconque.

Le nettoyage extérieur des tubes se fait au moyen d'une lance à vapeur au moyen de laquelle on détache la suie de la surface des tubes. Des regards munis de portes en tôle sont pratiqués à cet effet, dans une des parois latérales de la chaudière. Ce nettoyage peut se faire pendant la marche.

Le démontage des différentes parties du générateur est des plus faciles. Aussi les réparations n'exigent-elles jamais de frais élevés. Si un tube est avarié, on peut le retirer seul de la série et placer la rechange avec un arrêt de quelques heures. Encore cette opération n'est-elle nécessaire que par suite d'une négligence impardonnable du chauffeur qui a oublié d'alimenter sa chaudière ou de la nettoyer en temps utile.

Les générateurs de Naeyer ont cet avantage qu'ils peuvent être démontés pièce par pièce, condition appréciable pour les pays lointains, les mines et en général pour toutes les installations industrielles situées à une grande distance de toute voie ferrée. Chaque élément de deux tubes peut être transporté à part. Les fermetures, portes d'avant et devanture en fonte sont d'un poids relativement res-



INSTALLATION D'UN GROUPE DE CHAUDIÈRES DE NAEYER

treint, de manière que tout puisse être transporté à dos de mulet. Le montage de l'appareil ne présente rien de particulièrement difficile et le premier monteur venu peut en être chargé.

*Applications. Essais.* — Les applications qui ont été faites jusqu'ici, surtout dans les dix dernières années, du générateur de Naeyer, sont si nombreuses qu'il serait peu facile d'en entreprendre la description et la nomenclature, si succinctement que ce soit.

Le système de Naeyer a été adopté dans maintes circonstances, notamment pour le service général de la force motrice aux Expositions de diverses villes d'Europe. La série de ces diverses entreprises de fourniture de force motrice, qui n'a fait que donner de jour en jour une importance plus grande à l'appareil que nous décrivons, est la suivante :

Bruxelles	— 1880 —	Exposition Nationale	— 700 chevaux
Paris	1881	— d'électricité	500 —
Bordeaux	1882	— philomatique	235 —
Amsterdam	1883	— universelle	600 —
Vienne	1883	— d'électricité	800 —
Nice	1883-84	— internationale	550 —
Anvers	1885	— internationale	1800 —
Copenhague	1888	— internationale	500 —
Bruxelles	1888	Grand concours international	1500 —
Paris	1889	Exposition universelle	2200 —

A Paris, en 1881, à l'exposition d'électricité, MM. de Naeyer et C<sup>ie</sup> avaient installé pour le service de la force motrice cinq chaudières en fonctionnement, savoir :

1<sup>o</sup> Une chaudière (type étudié pour la marine) avec tubes bouilleurs latéraux remplaçant la maçonnerie, afin de mieux utiliser le calorique et d'éviter un poids mort considérable. Surface totale de chauffe, 110 mètres carrés.

2<sup>o</sup> Une chaudière ordinaire sans réchauffeur, de 158 mètres carrés de surface de chauffe.

3<sup>o</sup> Une chaudière complète de 158 mètres carrés avec réchauffeur d'eau de 106 mètres carrés ; ce qui correspond à 264 mètres carrés de surface de chauffe totale.

4<sup>o</sup> Une chaudière ordinaire sans réchauffeur, de 185 mètres carrés de surface de chauffe.

5<sup>o</sup> Une chaudière à petit volume, avec deux séries de tubes réchauffeurs et sans réservoir de vapeur. La surface de chauffe totale était de 62 mètres carrés, le volume total de 1,500 litres. Les tubes avaient 3<sup>m</sup>,50 de longueur et 90 millimètres de diamètre intérieur.

Ces cinq chaudières étaient installées en batterie avec un espace de 0<sup>m</sup>,60 seulement entre elles.

Les gaz des foyers se réunissaient dans une cheminée élevée contre le mur extérieur du Palais de l'Industrie. Cette cheminée avait 33 mètres de hauteur, 1<sup>m</sup>,80 de diamètre à la base et 1<sup>m</sup>,50 au sommet.

L'ensemble de ces cinq chaudières présentait une surface totale de chauffe de 789 mètres carrés et fournissait la vapeur aux machines Carels, Weyher et Richmond, Farcot, Calla, Boulet, Cail-Halot, Olry Grandemange, De Willechatel et Tangye.

Le jury des récompenses fit procéder le 14 octobre 1881 à des expériences de vaporisation sur le groupe considéré. Voici les résultats obtenus avec du charbon tout-venant de Pont de Loup (bassin de Charleroi) à longue flamme.

Capacité totale de la chaudière . . . . .	10 <sup>m</sup> 3,500
Volume d'eau . . . . .	8 <sup>m</sup> 3
» de vapeur . . . . .	2 <sup>m</sup> 3,500
Surface de chauffe du générateur . . . . .	158 <sup>m</sup> 2
» du réchauffeur . . . . .	106 <sup>m</sup> 2
» de grille 2 <sup>m</sup> × 1 <sup>m</sup> ,88 . . . . .	3 <sup>m</sup> 276
Rapport de la surface de grille à la surface de chauffe . . . . .	43
Durée des expériences . . . . .	3 <sup>h</sup> ,25'
Charbon consommé (allumage compris) . . . . .	827 kg.
Cendres et mâchefer . . . . .	96 kg.
Charbon net . . . . .	731 kg.
» consommé par heure de marche . . . . .	242 kg.
» » par m <sup>2</sup> de surface de chauffe . . . . .	1 <sup>k</sup> ,530
» » par m <sup>2</sup> de surface de grille . . . . .	64 kg.
Eau consommée totale . . . . .	8100 litres
» par heure . . . . .	2370 »
» par heure et mètre carré de surface de chauffe . . . . .	15 »
Température moyenne de l'eau . . . . .	13 degrés
Pression moyenne à la chaudière . . . . .	7 <sup>k</sup> 1/2
Vaporisation par kilogramme de charbon brut . . . . .	9 <sup>k</sup> ,720
Température des gaz à la sortie de la chaudière . . . . .	225°

Les résultats de ces essais se passent évidemment de commentaires.

Un essai qu'il est également intéressant de mentionner a été fait sur une chaudière multitubulaire de Naeyer, par M. Cornut, Ingénieur en Chef de l'association des propriétaires d'appareils à vapeur du Nord de la France. Cette chaudière était installée chez MM. Hiroux et Dupont, filateurs à Sains-du-Nord. Les données et les résultats principaux de cet essai peuvent être résumés dans le tableau suivant.

Surface de chauffe de la chaudière . . . . .	215 <sup>m</sup> 2
» du réchauffeur . . . . .	140
» totale . . . . .	355
Surface de grille . . . . .	4,65

Poids de houille brute brûlée . . . . .	4572 kg.
» scories correspondant . . . . .	596,650
Proportion % de scories . . . . .	13,05
Température moyenne de l'eau d'alimentation . . . . .	27°,98
Poids d'eau consommée à la température d'alimentation	41530 <sup>k</sup> ,529
Pression moyenne de la vapeur . . . . .	5 <sup>k</sup> ,16
Température moyenne de la vapeur . . . . .	159°,22
Heures de marche du générateur . . . . .	12 <sup>k</sup> ,16
Nombre de charges . . . . .	166
Poids de houille par charge . . . . .	27 <sup>k</sup> ,540
» » brute par heure . . . . .	372 <sup>k</sup> ,600
» » pure » . . . . .	324 kg.
Poids de houille brute par heure et par mètre carré de surface de grille . . . . .	80 <sup>k</sup> ,129
Poids de houille brute par heure et par mètre carré de surface de chauffe sans réchauffeur . . . . .	1 <sup>k</sup> ,733
Poids de houille brute par heure et par mètre carré de surface de chauffe avec réchauffeur . . . . .	1 <sup>k</sup> ,049
Poids de houille pure par heure et par mètre carré de surface de chauffe sans réchauffeur . . . . .	1 <sup>k</sup> ,507
Poids de houille pure par heure et par mètre carré de surface de chauffe avec réchauffeur . . . . .	0 <sup>k</sup> ,913
Poids d'eau à la température d'alimentation vaporisé par heure . . . . .	3384 <sup>k</sup> ,721
Poids d'eau à la température d'alimentation vaporisée par heure et par mètre carré de surface de chauffe sans réchauffeur . . . . .	15 <sup>k</sup> ,743
Poids d'eau à la température d'alimentation vaporisée par heure et par mètre carré de surface de chauffe avec réchauffeur . . . . .	9 <sup>k</sup> ,534

## RENDEMENT.

Poids d'eau prise à la température d'alimentation vaporisée par kilogramme de houille brute . . . . .	9 <sup>k</sup> ,083
---	---------------------

Des essais de vaporisation ont été faits par l'administration de l'Exposition de 1889 sur le groupe des six générateurs installés par MM. de Naeyer et C<sup>ie</sup> pour la fourniture de la vapeur dans le Palais des Machines.

Les six générateurs ont été reconnus capables de vaporiser ensemble 16,560 kilogrammes d'eau par heure de marche normale.

Le générateur n° 1, ainsi que nous l'avons déjà dit, fournit sa vapeur dans la conduite générale du 5<sup>e</sup> groupe (MM. Roser, Daydé et Pillé).

Les générateurs n°s 2, 3 et 4 alimentent la section Belge, les machines Carels de Gand et de la Société du Phœnix de Gand, les machines de l'Exposition de la Société Cockerill, de Marcinelle et Couillet, Halot, de Willechatel, etc. Toutes ces machines sont desservies par une conduite générale de vapeur de 190

millimètres de diamètre intérieur et dont les diverses sections sont assemblées au moyen de joints à double cône comme les boîtes de communication des éléments générateurs.

Les générateurs n<sup>os</sup> 5 et 6 alimentent de vapeur la machine à papier de Naeyer, la machine à glace de la même maison et l'exposition d'électricité de la maison Dulait.

La conduite générale de vapeur de cette section de groupe est formée de mêmes tuyaux de 190 intérieur assemblés à double cône.

Tous les 25 mètres au moins, le long de cette importante tuyauterie de vapeur, on a placé des boîtes à dilatation à presse-étoupes dont le glissement se fait fonte sur bronze avec un bourrage en amiante et qui donnent d'excellents résultats.

Près de ces boîtes à dilatation on a placé des ancrages très solides, formés de poutrelles en fer scellées dans la maçonnerie des souterrains, et sur lesquels sont fixés les tuyauteries. Toute portion de 25 mètres de longueur en moyenne a donc un point fixe et un point mobile, ce point mobile formant le piston du presse-étoupes suivant.

Nous devons à la vérité de dire que la tuyauterie de vapeur de MM. de Naeyer et C<sup>e</sup>, qui ne comprend pas moins de 400 mètres de longueur a toujours donné pleine satisfaction et pleine sécurité, et qu'elle a assuré jusqu'à la fin de l'Exposition un service exempt des moindres critiques.

---

# GÉNÉRATEURS DE VAPEUR

(Système Roser)

(Planches 7, 8, 9 et 10)

---

M. Roser a installé dans l'Exposition pour divers services, et dans la cour de la force motrice pour le service du Palais des Machines, en particulier, un certain nombre de générateurs de son système.

Ces générateurs sont véritablement nouveaux et pratiques. Ils ont été répartis, suivant les besoins de l'Exposition en quatre groupes différents, développant ensemble 3,000 chevaux vapeur.

1<sup>er</sup> Groupe. — Cour de la force motrice. 5 chaudières développant 1,000 chevaux. C'est de ce groupe que nous nous occuperons plus spécialement.

2<sup>e</sup> Groupe. — Jardin d'isolement entre la Galerie des Machines et les Galeries des expositions diverses. Société pour la transmission de la force par l'électricité, 1,200 chevaux en 4 chaudières.

3<sup>e</sup> Groupe. — Même cour. Station centrale du Syndicat international des électriciens. Une chaudière de 100 chevaux.

4<sup>e</sup> Groupe. — Berge du quai d'Orsay à la station de la Société électrique. Machines Lecouteux et Garnier : 600 chevaux en 2 chaudières.

Il s'agit donc d'appareils intéressants sur lesquels nous devons nous arrêter avec attention et auxquels une large place doit être laissée dans notre étude.

M. Roser ne prétend aucunement avoir inventé une chaudière, un système, mais bien seulement perfectionné les appareils multitubulaires dont l'idée n'est pas nouvelle, et rendu pratiques certains détails de construction.

Ce simple programme dont la réalisation est cependant le point de mire de tous les constructeurs de chaudières, a conduit M. Roser à appliquer une boîte rectangulaire en fer forgé pour constituer les communications des éléments vaporisateurs tout en laissant libre le sertissage des tubes.

Dans sa chaudière à double tube, le joint Bérendorf a trouvé son application pour le tube de retour des gaz.

L'assemblage de chaque élément, à sa partie inférieure avec l'appareil appelé hydro-déjecteur, (fig. 1), et, à sa partie supérieure, avec le collecteur D, sous le corps de la chaudière, est exécuté au moyen de joints coniques spéciaux, métal sur métal. Le démontage est très facile et la sécurité complète.

*Description.* — La chaudière système Roser se compose essentiellement d'un faisceau tubulaire incliné communiquant à sa partie supérieure par l'intermédiaire d'un collecteur D avec un réservoir d'eau et de vapeur E et à sa partie inférieure avec un cylindre bouilleur F appelé hydro-déjecteur.

Le faisceau tubulaire est constitué par la réunion de plusieurs séries verticales ou éléments de tubes. Il est construit sur le principe ordinaire des générateurs multitubulaires. Chaque série ou élément, est composé d'un certain nombre de bouilleurs ou tubes B. Ces tubes vaporisateurs sont reliés entre eux à leurs extrémités par deux boîtes rectangulaires A, A' en fer forgé et soudé. Une ouverture destinée au nettoyage intérieur du tube est ménagée sur la face extérieure de chaque boîte et devant chaque tube. Cette ouverture est fermée, en marche normale, par un bouchon conique, de l'intérieur à l'extérieur. De cette façon l'étanchéité est d'autant plus sûre que la pression intérieure est plus forte.

Les différents éléments communiquent avec le réservoir supérieur qui est en fer et assemblé au réservoir E au moyen de rivets.

L'assemblage des boîtes rectangulaires, avant et arrière, avec le collecteur D d'une part et avec l'hydro-déjecteur F de l'autre, est fait métal sur métal, au moyen de joints spéciaux à double cône.

Le réservoir supérieur E est toujours construit en tôle de fer à double rivure. Afin de lui donner la plus grande capacité possible et de présenter à l'évaporation la plus grande surface de niveau d'eau, il est de grand diamètre et est formé de deux branches assemblées en forme de T. Il est de plus surmonté d'un dôme qui fournit la vapeur sans entraînement d'eau. La vapeur prise d'ailleurs à la partie supérieure du dôme, est séchée par sa circulation dans un faisceau de tubes K situé au-dessus des éléments vaporisateurs.

L'hydro-déjecteur F a pour but de recevoir les dépôts calcaires provenant de l'eau d'alimentation et provoqués par la rapide circulation à l'intérieur du corps tubulaire. Ces matières calcaires sont extraites au moyen d'un robinet de vidange disposé à cet effet.

La communication entre le réservoir cylindrique supérieur et l'hydro-déjecteur est assurée par deux gros tubes de circulation C, non chauffés, tout à fait indépendants du faisceau tubulaire et ne s'opposant pas, par suite de leur section, au mouvement descendant dû au dégagement de la vapeur.

Nous allons nous étendre sur quelques considérations pratiques et sur quelques détails de construction, qu'il est bon de mettre en évidence.

M. Roser construit spécialement deux types de chaudières, l'un à tubes simples complètement remplis d'eau, l'autre à doubles tubes avec retour de flammes dans les tubes intérieurs.

L'application de l'un ou de l'autre de ces systèmes se fait suivant les conditions particulières qui sont imposées pour les installations.

Nous allons décrire dans ses détails chacun de ces types.

*1° Chaudière à tubes simples.*

Dans son ensemble, cette chaudière dont nous avons déjà donné un aperçu plus haut, est analogue en principe au générateur Babcock et Wilcox, mais elle se distingue de ce système en ce que la disposition des tubes est en rangées perpendiculaires au lieu d'être en quinconce et que les boîtes de jonctions ou collectrices A et A sont des tubes droits au lieu d'affecter une forme sinueuse.

Dans la chaudière Roser, la fonte, de quelque nature qu'elle soit et quelle que soit sa provenance, a été complètement évitée. Il est en effet démontré que dans maintes occasions, l'emploi de la fonte a été cause d'accidents graves.

Les boîtes collectrices d'avant et d'arrière sont formées par des tubes à section rectangulaire en fer forgé. Elles sont réunies avec les tubes vaporisateurs qui sont simplement mandrinés dans les faces intérieures des collecteurs.

Les trous des faces extérieures des boîtes collectrices, nécessaires pour le montage des tubes vaporisateurs, sont alésés coniquement afin de recevoir des tampons tournés également coniquement.

Ces tampons sont munis de boulons rivés ; on les serre en tournant les écrous qui s'appuient sur de petits étriers s'appliquant sur les faces extérieures des éléments. Ces joints sont serrés de dedans en dehors, la pression ne peut donc que les rendre plus étanches.

Afin de pouvoir entrer les tampons à l'intérieur des boîtes collectrices, le trou du milieu de la face extérieure est elliptique ; une fois tous les tampons serrés, on ferme le trou elliptique en dernier lieu, au moyen d'un tampon autoclave ordinaire.

Pour la jonction entre les boîtes collectrices d'avant et le collecteur horizontal en fer forgé, rivé au réservoir supérieur E, le collecteur horizontal D présente un plat à sa partie inférieure.

Dans ce plat sont fraisés des trous coniques. Il en est de même pour les fonds supérieurs des boîtes collectrices. Ces fonds sont percés de trous coniques. Une bague à double cône en fer, tournée avec précision, forme toute la garniture du joint ainsi obtenu.

Cette bague est serrée dans les deux trous au moyen de boulons dont les têtes s'appuient sur des barrettes placées dans le collecteur et les écrous sur d'autres barrettes appliquées contre la face intérieure du fond de la boîte collectrice.

Une disposition entièrement analogue est employée pour relier l'hydro-déjecteur E aux parties inférieures des boîtes collectrices d'arrière. A cet effet la partie supérieure de l'hydro-déjecteur porte une forte plaque de tôle rivée dans laquelle on fraise les trous coniques.

Nous avons vu, qu'afin d'assurer à l'eau une circulation bien régulière et méthodique, le réservoir supérieur était relié par deux gros tubes G G' de retour d'eau à l'hydro-déjecteur F.

La partie supérieure de chacun de ces tubes s'assemble coniquement dans une petite plaque de tôle épaisse, rivée en dessous de la petite branche du T du réservoir de vapeur E. Même disposition pour la partie inférieure de ces tubes de retour d'eau, qui s'assemble coniquement dans la plaque de tôle rapportée sur le déjecteur.

Le serrage de ces joints coniques s'opère au moyen de quatre goujons tarautés dans les plaques rapportées. Les écrous de ces goujons serrent sur une bride qui s'applique sur la bague soudée.

Ces joints coniques qui sont très solides, rendent en même temps le démontage et le remontage extrêmement faciles et simples.

La dilatation de l'ensemble de l'appareil est librement assurée; en effet la chaudière ne porte que sur deux points d'appui; un appui fixe qui est l'hydro-déjecteur et un appui mobile constitué par un petit rouleau placé entre le dessous de la partie antérieure du réservoir cylindrique et le dessus d'une petite tablette venue de fonte avec la partie supérieure de la devanture.

La chaudière peut être montée entièrement, indépendamment de toute maçonnerie et ce montage n'exige pas d'ouvriers spéciaux.

*Fonctionnement de l'appareil.* — Les gaz chauds et tous les produits de la combustion brûlent en tourbillonnant à travers le faisceau tubulaire vaporisateur et sécheur, ils redescendent ensuite, puis remontent enfin à travers ce même faisceau pour se rendre à la cheminée. Cette triple circulation est assurée par deux cloisons transversales constituées par des entretoises garnies d'une épaisseur de briques.

Les gaz peuvent s'échapper par la partie supérieure ou redescendre dans un carneau souterrain et se rendre de là à la cheminée. Dans le premier cas, on construit la cheminée en tôle. On la pose alors sur une forte plaque scellée à la partie arrière du fourneau.

L'eau s'échauffe méthodiquement puisque l'eau la moins dense se trouve en contact avec les gaz les plus chauds. On réalise ainsi la meilleure condition de l'échauffement progressif du liquide.

L'eau chaude et la vapeur montent dans les tubes générateurs et dans les boîtes collectrices rectangulaires, pour se rendre au réservoir cylindrique supérieur. Il en résulte que l'eau moins chaude qui se trouve dans le réservoir est forcée de redescendre à l'hydro-déjecteur en passant par les tubes de retour d'eau. Ces tubes étant de gros diamètre, l'arrivée de l'eau ne fait jamais obstacle au dégagement de la vapeur.

C'est dans l'hydro-déjecteur, partie la plus basse de la chaudière que la circulation est la moins active; aussi il est à remarquer que c'est là et toujours là que se rassemblent les dépôts sous forme de boues.

Suivant la nature de l'eau et à intervalles réglés, il est nécessaire de faire des extractions au moyen d'un robinet fixé dans le fond du déjecteur.

L'alimentation se fait, suivant les cas, dans le réservoir supérieur ou dans l'hydro-déjecteur. Dans toutes les dispositions, les matières calcaires sont précipitées à l'état de boues et arrivent à la partie inférieure de la chaudière.

*Chaudière à retour de flammes.* — Le type de la chaudière à retour de flammes a été spécialement étudié et construit pour répondre à la nécessité d'installer un générateur d'une grande puissance dans un emplacement relativement restreint. Le retour de flammes étant pratiqué par un tube à fumée traversant le vaporisateur, il est évident que pour le même encombrement, la surface de chauffe et, par suite, la puissance d'une même chaudière en sont augmentées dans de notables proportions.

La disposition des tubes vaporisateurs est, dans ce type de chaudière, légèrement différente de ce qu'elle est dans les chaudières à tubes simples.

Le tube extérieur est mandriné dans les faces intérieures des boîtes collectrices rectangulaires, comme dans le premier type. Quant au tube intérieur ou tube à fumée, il s'assemble avec les boîtes collectrices de la façon suivante :

Chacune de ses extrémités porte une bague soudée et tournée coniquement. Les faces extérieures des boîtes collectrices rectangulaires portent des trous qui sont fraisés coniquement avec la même barre d'alésage. L'inclinaison de la génératrice du cône étant très faible (1 millimètre sur 60 millimètres), il en résulte un serrage et une étanchéité d'une sûreté complète.

Ces tubes sont serrés comme les tubes Berendorf ordinaires ; une fois en place et serrés à fond, on pourrait sans danger ni même risque, mettre la chaudière en pression ; cependant un desserrage étant toujours chose possible, la petite bague terminant le tube est filetée et reçoit un écrou qui empêche l'accident signalé de se produire.

Le reste de la chaudière est entièrement analogue à la chaudière à tubes simples. La circulation de l'eau et de la vapeur s'y opère de la même façon ; dans l'espace annulaire des tubes vaporisateurs, la circulation étant très active, il ne se forme jamais de dépôts calcaires dans cet endroit. Ce point est important car on se rend facilement compte des difficultés que présenterait un nettoyage quelconque de cet espace annulaire.

La circulation des gaz du foyer et de tous les produits de la combustion est différente de la même circulation dans le premier type de chaudière. Les gaz chauds montent en brûlant à travers le faisceau tubulaire ; ils se trouvent arrêtés dans leur ascension par une cloison horizontale constituée par le faisceau de tubes sécheurs et de petites briques spéciales placées entre ces tubes. Les gaz ne pouvant pas monter plus haut, ils reviennent d'arrière en avant de la chaudière en passant dans les tubes intérieurs ; enfin, ils reviennent d'avant en arrière sous le réservoir de vapeur pour se rendre à la cheminée.

Celle-ci peut se placer sur l'arrière même de la chaudière ; on peut également faire redescendre les gaz à l'arrière du faisceau tubulaire incliné par des gaines en tôle logées dans l'épaisseur des maçonneries et se rendant au carneau souterrain qui communique directement avec la cheminée.

Le sécheur de vapeur est constitué par des tubes reliés entre eux par des culottes, de telle sorte que la vapeur, avant de sortir du générateur, doit les traverser tous longitudinalement. La prise de vapeur se fait donc dans les meilleures conditions.

Les essais nombreux qui ont été faits jusqu'ici sur les chaudières Roser ont montré qu'en moyenne, chaque mètre carré de surface de chauffe produisait 15 kilog. de vapeur sèche par heure. Cette production est celle d'une bonne marche normale. Avec tirage forcé on est arrivé à tripler cette production sans qu'il en soit résulté pour l'appareil aucune détérioration.

Les 3, 4 et 5 mars 1887, il a été procédé par les soins de M. Compère, ingénieur en chef de l'association parisienne de propriétaires d'appareils à vapeur, à des essais qui ne laissent aucun doute sur les différentes qualités de la chaudière Roser, principalement en ce qui concerne la production de vapeur par kilogramme de charbon et la quantité d'eau entraînée.

Ces essais conduits de pair avec d'autres expériences faites sur des machines motrices, système Woolf et système Farcot, alimentées par des chaudières Roser, ont permis de contrôler d'une manière précise la marche des générateurs.

Voici les caractéristiques de la chaudière Roser employée dans cette expérience :

Surface de chauffe . . . . .	130 m <sup>2</sup>
» de grille . . . . .	2 m <sup>2</sup> ,467 (Grille Compound, système Dulac),
Volume de la chambre de vapeur.	1 m <sup>3</sup> ,640
Surface du plan d'eau . . . . .	5 m <sup>2</sup> ,600
Timbre . . . . .	12 kilogs

Les résultats des essais peuvent être résumés dans le tableau suivant :

Durée de l'essai . . . . .	7 <sup>h</sup> 34'	7 <sup>h</sup> 41'
Eau alimentée . . . . .	11685 kg.	6645 kg.
Eau perdue par l'injecteur . . . . .	70	70
Température moyenne de l'eau d'alimentation . . . . .	18°	13°,4
Poids de charbon brûlé . . . . .	1477 kg.	838 kg.
Humidité % . . . . .	1,5	1,5
— en kg. . . . .	22 <sup>kg</sup> ,15	12 <sup>kg</sup> ,57
Cendres et mâchefers en kg . . . . .	195 kg.	170 kg.
— — % . . . . .	13,2	20,2
Charbon sec. . . . .	1451 <sup>kg</sup> ,85	825 <sup>kg</sup> ,43
Charbon pur et sec . . . . .	1259 <sup>kg</sup> ,85	655 <sup>kg</sup> ,43
Pression moyenne . . . . .	8 <sup>k</sup> ,5	8 <sup>k</sup> ,5
Poids d'eau vaporisée . . . . .	11394 kg.	6575 kg.

Température des gaz sortant de la chaudière . . . . .	237°	212°		
Température des gaz entrant à la cheminée . . . . .	201°	187°		
Poids de charbon brûlé par heure et par mètre carré de surface de grille. . . . .	78 <sup>kg</sup> ,7	43 <sup>kg</sup> ,7		
Eau vaporisée par heure et par mètre carré de surface de chauffe. . . . .	11 <sup>kg</sup> ,6	6 <sup>kg</sup> ,34		
Eau vaporisée par mètre carré de plan d'eau . . . . .	271 kg.	153 kg.		
Eau vaporisée par mètre cube de chambre de vapeur. . . . .	926 kg.	522 kg.		
Nombre de charges . . . . .	41	23		
Intervalle entre deux charges . . . . .	11'	20'		
Poids moyen par charge . . . . .	36 kg.	35 kg.		
Rendement	A la température d'alimentation	par k. de charbon brut.	7,716	7,846
		— sec.	7,832	7,965
	A 0°	— pur.	9,044	10,031
		par k. de charbon brut.	7,505	7,686
		— sec.	7,618	7,802
		— pur.	8,797	9,826
	A 15°	par k. de charbon brut.	7,679	7,865
		— sec.	7,795	7,984
		— pur.	9,001	1,055

La série des chaudières construites par M. Roser comprend dix-sept types principaux dont la production varie de 200 à 2,450 kilogs par heure de marche normale.

Les cinq chaudières installées par M. Roser, dans la cour de la force motrice, pour la fourniture de la vapeur nécessaire dans le Palais des Machines, sont les suivantes :

#### 1<sup>re</sup> Chaudière.

Capacité. . . . .	2 m <sup>3</sup> ,800
Surface de chauffe. . . . .	68 m <sup>2</sup>

Type à circulation d'eau et retour de flammes.

#### 2<sup>e</sup> Chaudière.

Capacité. . . . .	10 m <sup>3</sup> ,290
Surface de chauffe. . . . .	128 m <sup>2</sup>

Type à circulation d'eau et à tubes simples.

#### 3<sup>e</sup> Chaudière.

Capacité. . . . .	9 m <sup>3</sup> ,294
Surface de chauffe. . . . .	175 m <sup>2</sup>

Type à circulation d'eau et à retour de flammes.

*4<sup>e</sup> Chaudière.*

Capacité. . . . .	10 m <sup>3</sup> ,290
Surface de chauffe . . . . .	128 m <sup>2</sup>

Type à circulation d'eau et à tubes simples.

*5<sup>e</sup> Chaudière.*

Capacité. . . . .	4 m <sup>3</sup> ,697
Surface de chauffe. . . . .	59 m <sup>2</sup>

Type à circulation d'eau et retour de flammes.

Les essais faits par l'Administration de l'Exposition sur ce groupe de 5 chaudières pour déterminer sa puissance totale de vaporisation, ont montré qu'on pouvait arriver à une production de 9,070 kilog. à l'heure. Le constructeur avait installé ses appareils en prévision d'une consommation de vapeur de 8,500 kilog. à l'heure.

Ces essais ayant été faits en conduisant les feux avec modération, il s'en suivait que le groupe expérimenté répondait largement aux exigences du service qu'on voulait lui faire assurer.

Le groupe des cinq chaudières Roser est branché sur la même conduite générale que les générateurs de MM. Daydé et Pillé.

Il dessert les classes 50, 62 et la section Suisse.

Les moteurs Schneider et C<sup>e</sup> au Creusot, Société Centrale de Constructions de Machines de Pantin, V. Bietrix à Saint-Etienne, Société française de Vierzon, Société suisse de Winterthur, Ateliers d'Oerlikon (Suisse) s'alimentent de vapeur sur cette portion de conduite générale.

---

## GÉNÉRATEURS DE VAPEUR

(Système Lagosse et Bouché)

(Pl. 11, 12, 13, 14, 15 et 16.)

---

La maison Daydé et Pillé a installé pour le service spécial du Palais des Machines, deux générateurs du système Et. Lagosse et Bouché. Dans le même bâtiment, sont placés deux générateurs du même système alimentant les machines motrices de la station d'électricité de MM. Steinlein et C<sup>ie</sup>.

Le générateur Lagosse et Bouché, dont les brevets ont été concédés par leurs auteurs aux Etablissements de Creil, pour la fabrication en France et en Espagne est le résultat d'une étude sérieuse et complète des systèmes employés jusqu'ici. On est arrivé ainsi en utilisant les avantages incontestables du système multitubulaire à en supprimer certains inconvénients et à créer un type nouveau très intéressant.

Ce générateur, dont nous allons donner la description complète, en insistant spécialement sur les points marquant les perfectionnements, a été présentée aux industriels, pour la première fois à l'Exposition de la Brasserie, à Paris, en Octobre et Novembre 1887 ; le Jury lui a décerné une médaille d'or, la plus haute récompense attribuée aux appareils à vapeur.

Dans son ensemble, le générateur système Lagosse et Bouché comprend un fourneau en briques de forme rectangulaire, une devanture en fonte et fer avec doubles portes pour le foyer et le cendrier et portes donnant accès aux deux faisceaux tubulaires ou éléments générateurs, qui avec le réservoir supérieur d'eau et de vapeur, forment la chaudière proprement dite.

Une construction également en briques et renfermant deux faisceaux d'éléments de tubes est mise en communication avec le fourneau de la chaudière par un large carneau rectangulaire. De ces deux faisceaux d'éléments de tubes, l'un est destiné au chauffage de l'eau d'alimentation et l'autre au séchage de la vapeur. Ils sont tous deux chauffés par les gaz du foyer qui se rendent ensuite à la cheminée.

*Éléments générateurs.* — Leur nombre et leur dimension varient suivant la puissance de la chaudière. Chaque élément est constitué par deux tubes en fer N N' placés l'un au-dessus de l'autre, mais dans des plans verticaux différents, de façon à se trouver disposés en quinconce dans leur ensemble. (Voir les figures suivantes).

Ces tubes sont réunis et mis en communication à leurs deux extrémités au moyen de boîtes de raccord *o* d'une forme spéciale qui permet d'obtenir des faces verticales à l'avant et à l'arrière du générateur et cela, malgré la grande obliquité des tubes qui facilite la rapide circulation de l'eau et de la vapeur.

L'extrémité des tubes est légèrement conique, les ouvertures d'entrée des boîtes *o* sont également coniques, les parties qui ont pénétré à l'intérieur des boîtes sont mandrinées au moyen d'un expanseur. De cette manière, on forme intérieurement un bourrelet annulaire qui donne une très grande solidité à la pièce et un joint d'une étanchéité certaine.

Indépendamment des boîtes de raccord *o* qui servent à réunir les deux tubes d'un même élément, d'autres boîtes de communication *Q* servent à mettre en communication les éléments entre eux.

La connexion entre les boîtes de raccord *o* et les boîtes de communication *Q* est obtenue d'une manière très satisfaisante au moyen de tubes en fer *R* biconiques dont le diamètre intérieur est toujours au moins égal à celui des tubes *N N'* des éléments générateurs.

Les joints se font à sec, métal contre métal ; leurs qualités sont trop connues pour qu'il soit nécessaire d'insister sur leur étanchéité et la facilité de leur démontage.

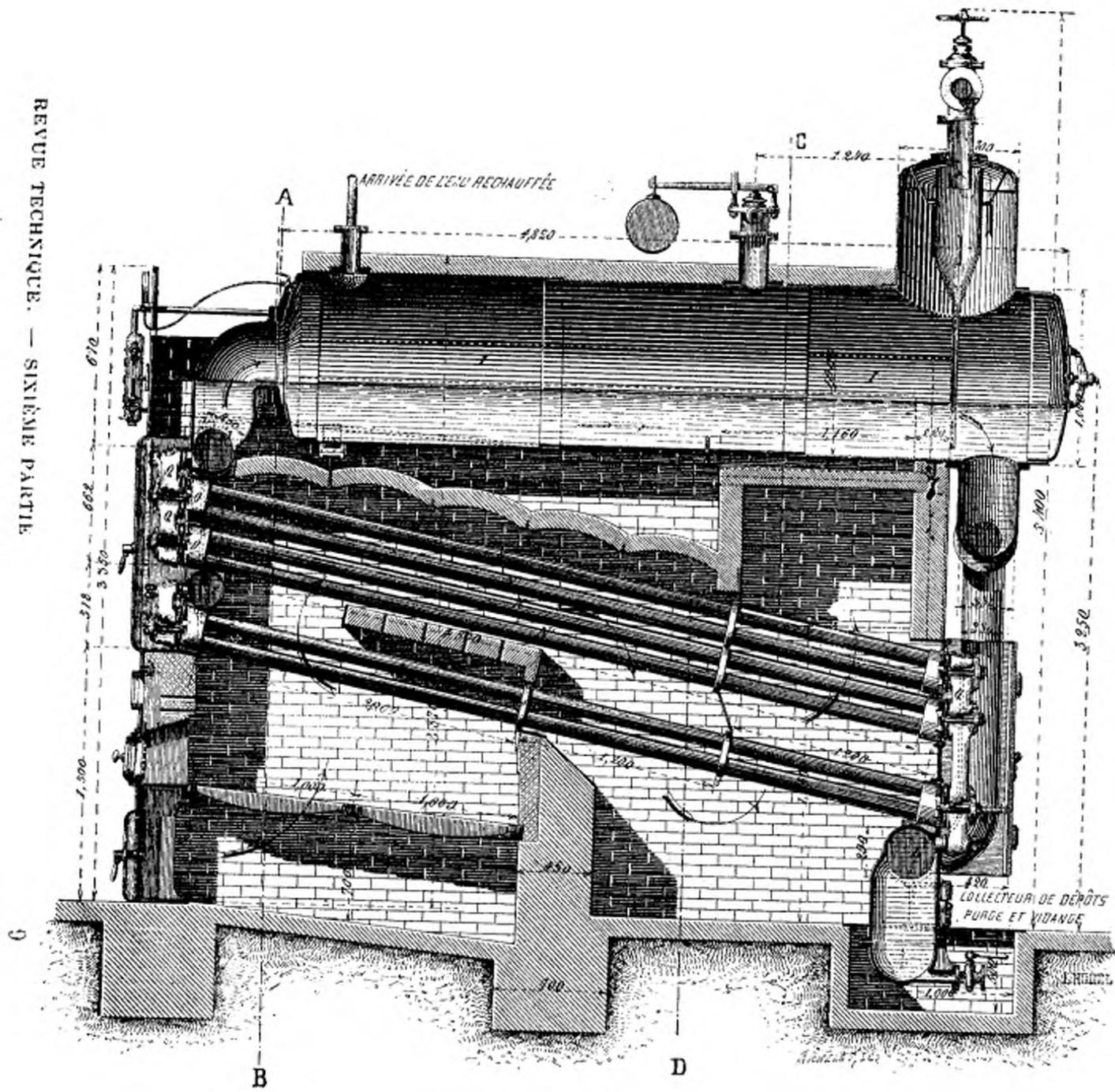
La disposition qui a été adoptée dans cette chaudière pour les éléments a pour avantage d'éviter les étranglements qui nuisent à la circulation active de l'eau et de la vapeur.

Cette circulation ne peut avoir lieu dans les générateurs n'ayant qu'un tube par élément, ni dans les autres générateurs, à moins d'écarter considérablement les tubes, ce qui correspond toujours à une perte importante de calorique. La disposition des tubes d'un même élément à des niveaux différents, a permis de donner aux boîtes de raccord *o* une position inclinée se rapprochant beaucoup de la verticale, permettant d'éviter les changements brusques de direction dans la marche de la vapeur, une fois celle-ci sortie des tubes.

Chaque joint est serré par deux boulons. La tête de ces boulons est maintenue dans des logements ménagés dans l'épaisseur des boîtes de raccords *o*.

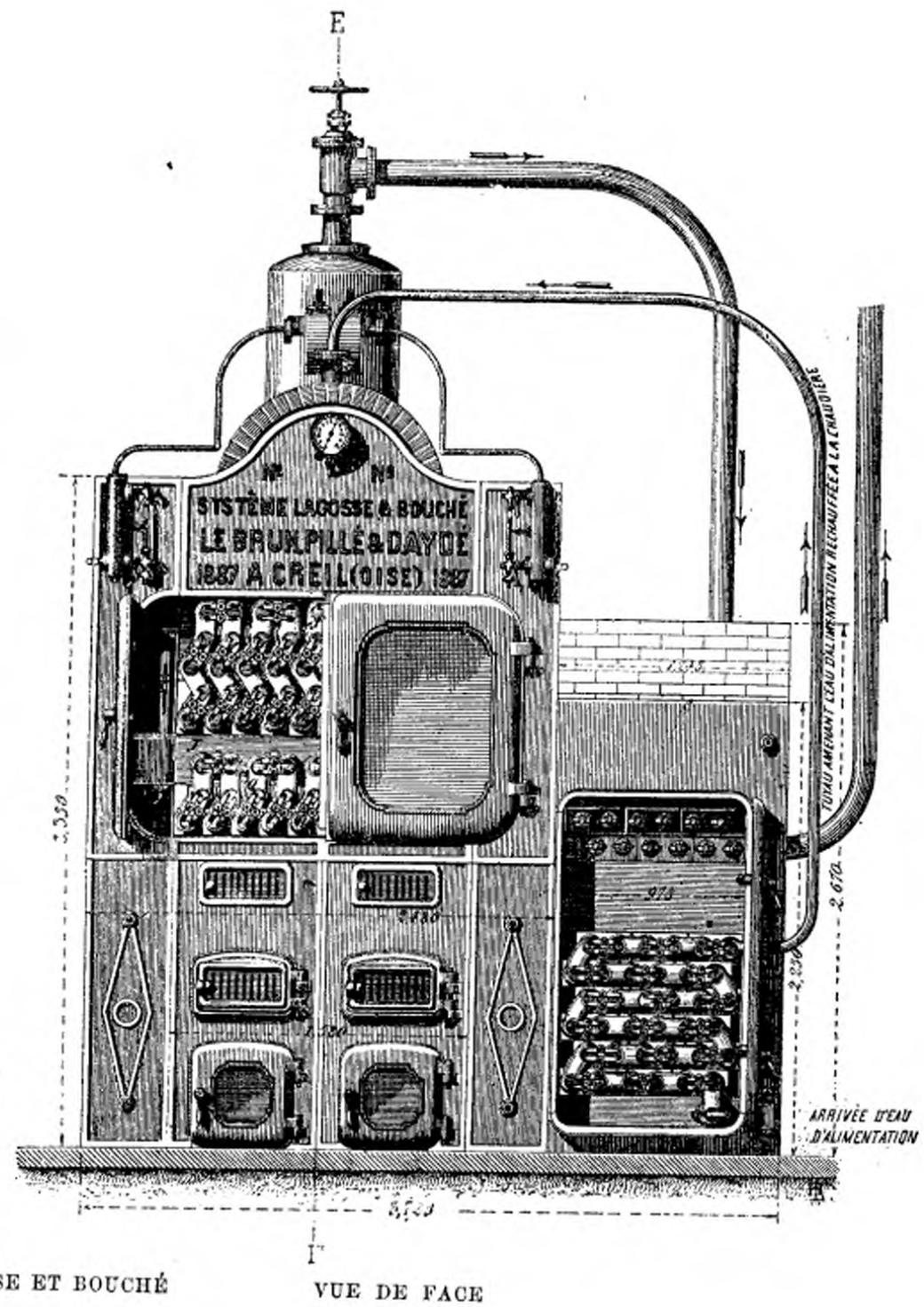
*Collecteurs. Réservoirs d'eau et de vapeur.* — Les éléments générateurs sont divisés en deux faisceaux tubulaires, séparés au-dessus du foyer par une partie de ciel en briques réfractaires qui dirige les produits de la combustion, conjointement avec la cloison métallique placée à l'arrière, dans le carneau en communication avec le sécheur-réchauffeur.

Chaque faisceau communique avec un collecteur de vapeur ; le faisceau inférieur avec le collecteur *J* et le faisceau supérieur avec le collecteur *J'*, tous deux placés horizontalement et transversalement sur la face d'avant. Ces collecteurs communiquent entre eux au moyen de tuyaux verticaux *k* à large section et



COUPE TRANSVERSALE

GÉNÉRATEUR SYSTÈME LAGOSSE ET BOUCHÉ



VUE DE FACE

facilement démontables, le collecteur supérieur débouche dans le réservoir cylindrique I, placé horizontalement dans le sens longitudinal au-dessus du deuxième faisceau d'éléments, mais séparé d'eux par le ciel supérieur composé d'une série de petites voûtes en briques réfractaires.

Ce réservoir d'eau et de vapeur se trouve ainsi placé en dehors du fourneau proprement dit, ce qui permet, en cas de besoin de le démonter sans toucher à la maçonnerie du générateur.

Du côté de l'arrière, ce réservoir est muni d'un dôme surmonté d'une valve qui, ouverte, laisse passer la vapeur dans un tuyau destiné à la conduire dans les tubes sécheurs disposés au-dessus du faisceau des tubes réchauffeurs de l'eau d'alimentation.

Directement au-dessous de la valve de prise de vapeur, à l'intérieur du dôme, se trouve un épurateur mécanique destiné à déverser par un tube, au fond du réservoir, l'eau entraînée par la vapeur.

Au dessous de ce tube, en dehors du fourneau pour en rendre le démontage facile, une tubulure à double bride, permettant sa réunion avec deux gros tuyaux verticaux, établit une communication avec le collecteur d'eau d'alimentation et des dépôts, L, placé à l'arrière horizontalement et transversalement et pourvu d'une tubulure pour recevoir un robinet de vidange.

*Sécheur-Réchauffeur.* — L'eau qui doit servir à l'alimentation de la chaudière, avant de pénétrer dans les éléments vaporisateurs, parcourt les séries d'éléments renfermés dans la construction en briques annexée au fourneau et communiquant avec lui par un carneau.

Comme la figure le montre, cette construction annexe est en relation avec la cheminée de telle sorte que les gaz du foyer, après avoir chauffé les éléments vaporisateurs, circulent entre la double rangée des tubes sécheurs, sont dirigés par la cloison métallique horizontale entre les éléments réchauffeurs, d'où ils se rendent dans la cheminée.

Le sécheur de vapeur et le réchauffeur d'eau d'alimentation sont formés d'éléments comme le générateur, mais l'élément du sécheur et du réchauffeur a une forme rectangulaire et constitue un véritable tube en U.

Les boîtes d'arrière S mettent les tubes V V' en communication.

Les ouvertures de ces boîtes correspondant aux tubes sont fermées au moyen d'un bouchon en fonte à joint conique U. Ce joint se fait de l'intérieur à l'extérieur, de telle sorte que plus la pression intérieure augmente, plus le joint est étanche.

Sur l'avant du foyer, les tubes de chaque élément traversent simplement une plaque métallique Y où ils sont fixés à demeure ; une boîte de communication T relie horizontalement les éléments entre eux au moyen d'un joint conique qui

emboîte directement l'extrémité des tubes dépassant ces plaques ; des boulons de serrage les maintiennent en place.

Des boîtes cintrées T' relient les diverses rangées horizontales.

L'enveloppe métallique et en briques est complètement indépendante des organes soumis à la pression.

Le foyer est construit dans de telles conditions que sa conduite est très facile et que la combustion qui s'y opère est absolument complète. De plus les réparations n'y présentent aucune difficulté.

L'arrière du générateur est fixe ; la libre dilatation de ses organes est assurée d'une façon certaine par un mode particulier de suspension à l'avant. Cette suspension doit être une des causes de longue durée de la chaudière.

Des dispositions spéciales et dépendant uniquement du domaine de la pratique permettent de démonter complètement et facilement tous les organes de la chaudière indépendamment les uns des autres ; tous les joints sont faciles à faire et à défaire et comme ces joints sont sous la surveillance constante du chauffeur, il peut être remédié à une fuite quelconque dès son début.

*Circulation de l'eau et de la vapeur à l'intérieur du générateur.* — L'eau d'alimentation arrive à la partie inférieure du réchauffeur, circule dans le faisceau tubulaire qui le constitue, en suivant une marche de bas en haut et pénètre dans le réservoir à sa partie antérieure en tombant sur une plaque ayant pour but de diviser le jet.

Cette première opération, qui consiste à présenter l'eau d'alimentation dès son entrée au réservoir sous la plus grande surface de chauffe possible, a pour effet d'augmenter rapidement la température de cette eau et de précipiter instantanément les sels calcaires qu'elle contient.

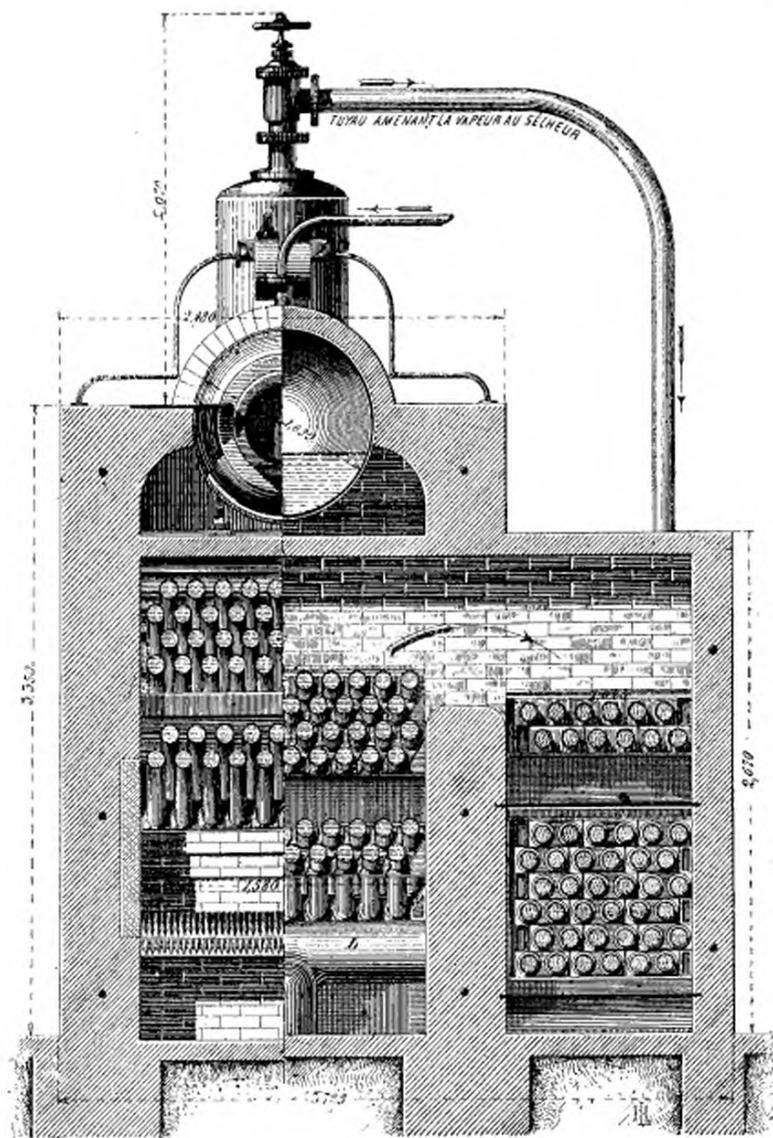
La circulation même de l'eau entraîne ces sels calcaires qui viennent se déposer dans le collecteur de dépôt d'où ils peuvent être extraits facilement en ouvrant un robinet d'évacuation placé à la partie inférieure du collecteur d'eau d'alimentation L.

L'eau ainsi introduite dans chacun des éléments générateurs, se vaporise en partie et forme un mélange d'eau et de vapeur dont la densité est plus faible du côté où les tubes sont exposés directement à l'action de la flamme et plus élevée du côté où ils sont en communication avec le collecteur d'eau d'arrière ; l'équilibre de pression n'existant plus aux extrémités de chaque tube, il en résulte une circulation rapide dans ces tubes.

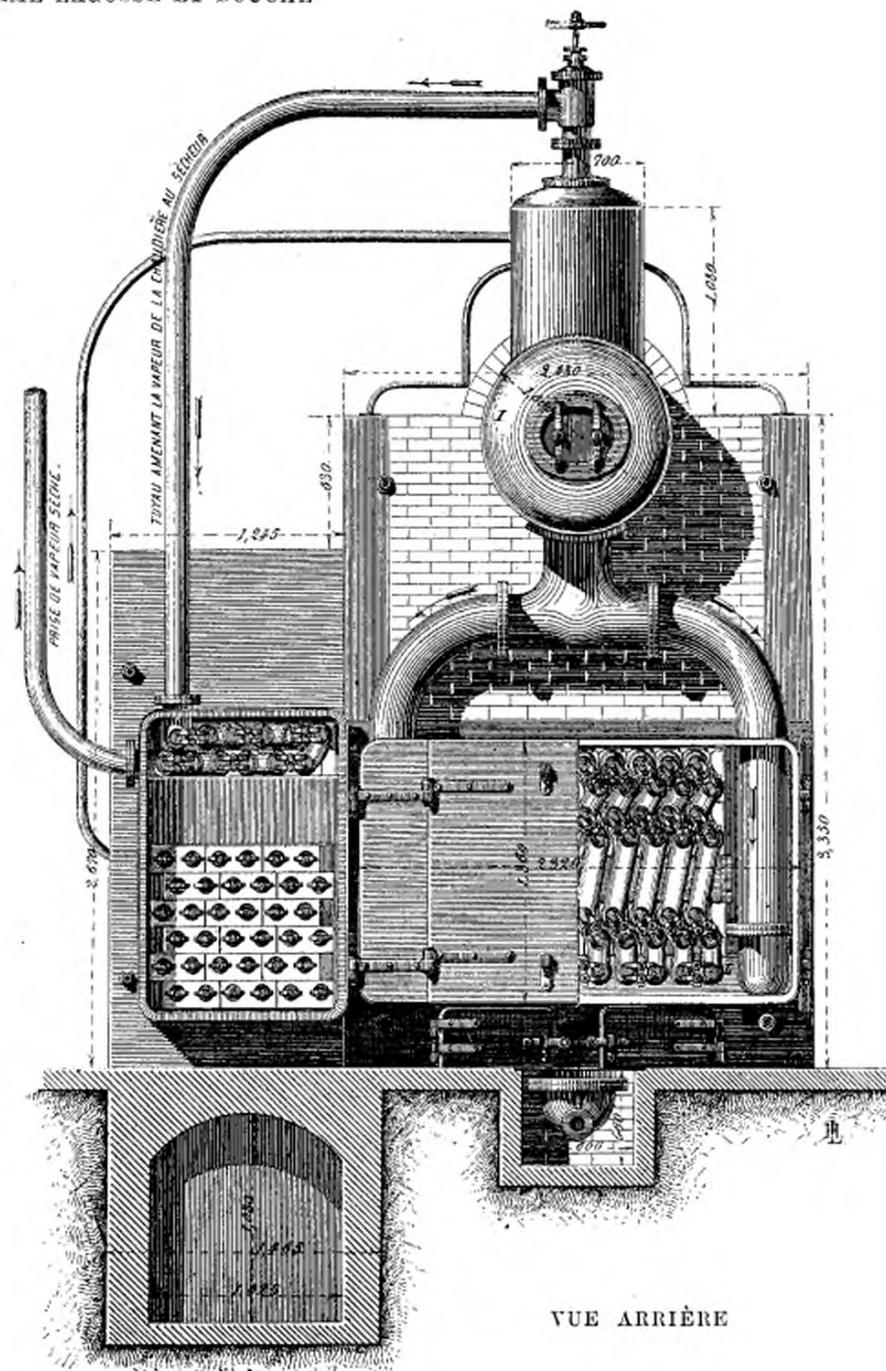
Le mélange d'eau et de vapeur se rend donc à la partie supérieure des tubes et, en suivant une ligne sinueuse, aussi verticale que possible à travers les communications, se rend aux collecteurs de vapeur JJ' et de là dans le réservoir cylindrique I où la vapeur se dégage.

L'eau entraînée redescend dans le collecteur d'eau L ainsi que nous l'avons dit déjà dans la description de cet appareil.

GÉNÉRATEUR SYSTÈME LAGOSSE ET BOUCHÉ



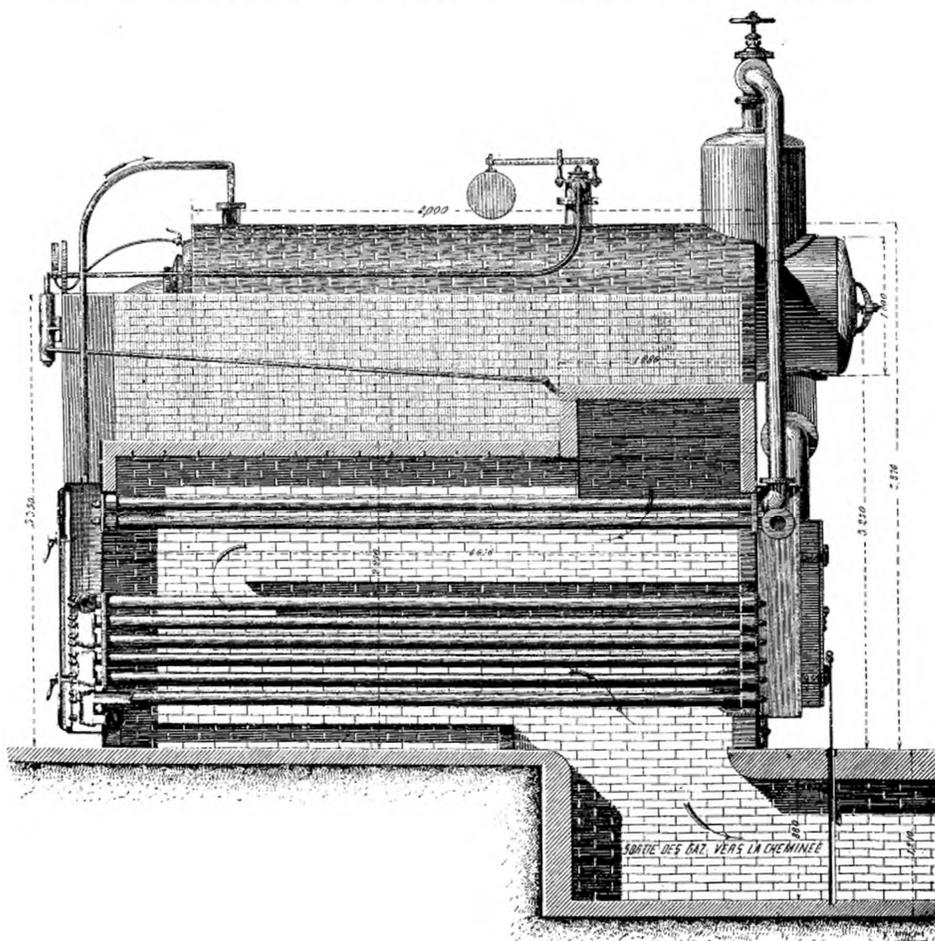
COUPE TRANSVERSALE



VUE ARRIÈRE

La section de dégagement de la vapeur est égale à la moitié de la section des tubes pour le faisceau inférieur et au quart pour le faisceau supérieur.

Ces nombres n'ont, au reste, rien d'absolu ni de fixe ; c'est surtout à la division en tronçons de faisceaux tubulaires distincts, disposition qui n'est employée



COUPE LONGITUDINALE PAR LES RÉCHAUFFEURS

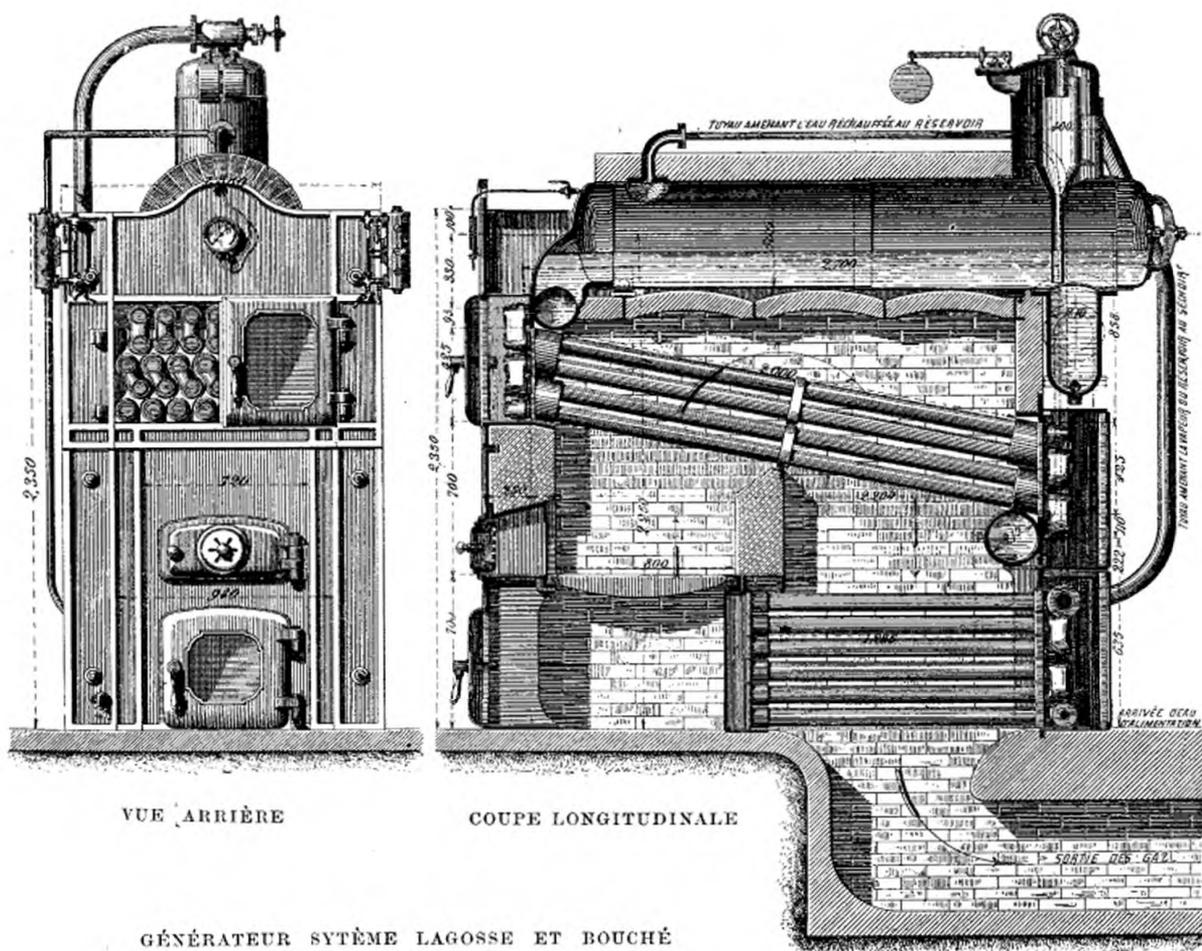
dans aucune autre chaudière multitubulaire, qu'est due la nature du résultat obtenu et c'est ce qui détermine la rapidité de la circulation.

La prise de vapeur se fait dans le dôme placé à l'arrière du réservoir cylindrique I. La vapeur avant de se rendre à ce dôme est donc forcée de faire un assez



Dans la chaudière Lagosse et Bouché, la section de dégagement varie de la moitié au quart. Il en résulte une circulation extrêmement active.

On sait en effet que la vitesse de circulation des mélanges dans les chaudières est toujours une fonction des sections de dégagement et de la nature de ces dégagements.



VUE ARRIÈRE

COUPE LONGITUDINALE

GÉNÉRATEUR SYSTÈME LAGOSSE ET BOUCHÉ

Il résulte de ces dispositions, une inincructabilité remarquable des éléments générateurs.

Quelle que soit la violence du feu, il est impossible de faire produire dans les tubes assez de vapeur pour que le dégagement en soit empêché et qu'il y ait refoulement de l'eau à l'arrière. Ce phénomène, très à redouter, est toujours une cause pour laquelle les tubes se courbent, et les joints réunissant les tubes aux

boîtes de raccord se détériorent rapidement. Il se produit surtout dans les chaudières à faible section de dégagement de vapeur.

La régularité de la marche est, dans cette chaudière, assurée par l'emploi d'un grand volume d'eau, et par l'alimentation à l'eau chaude qui ne peut en aucune façon influencer la pression.

La division de la masse d'eau dans les tubes fait que la mise en pression est toujours rapide.

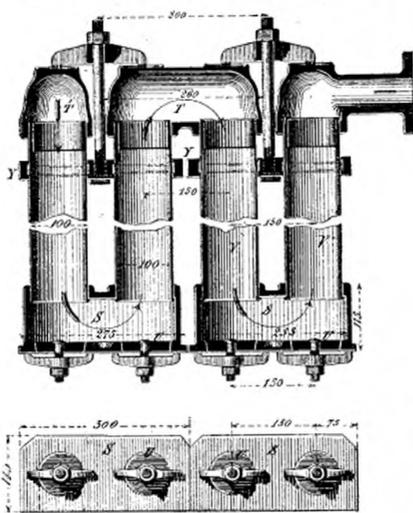
La grande surface d'évaporation dans le réservoir assure une fixité remarquable du niveau d'eau.

La circulation énergique jointe au chauffage méthodique des éléments permet de refroidir les gaz du foyer à 150° centigrades à la sortie du réchauffeur, et cela avec une surface de chauffe qui n'est que 45 fois celle de la grille.

La vapeur produite dans cette chaudière est absolument sèche; les essais ont montré qu'elle était surchauffée de 2° à 5° à la sortie du sècheur. Aussi quand on ouvre une prise à l'air libre, elle est complètement incolore.

Le pouvoir d'absorption considérable du calorique permet à ce système de chaudière de produire au moyen du tirage forcé 2 à 3 fois plus de vapeur qu'avec le tirage naturel.

Le nettoyage est facile, car, pour enlever la suie qui se dépose sur les tubes,



BOITES DE RACCORD DU RÉCHAUFFEUR

des avantages énumérés ci-dessus.

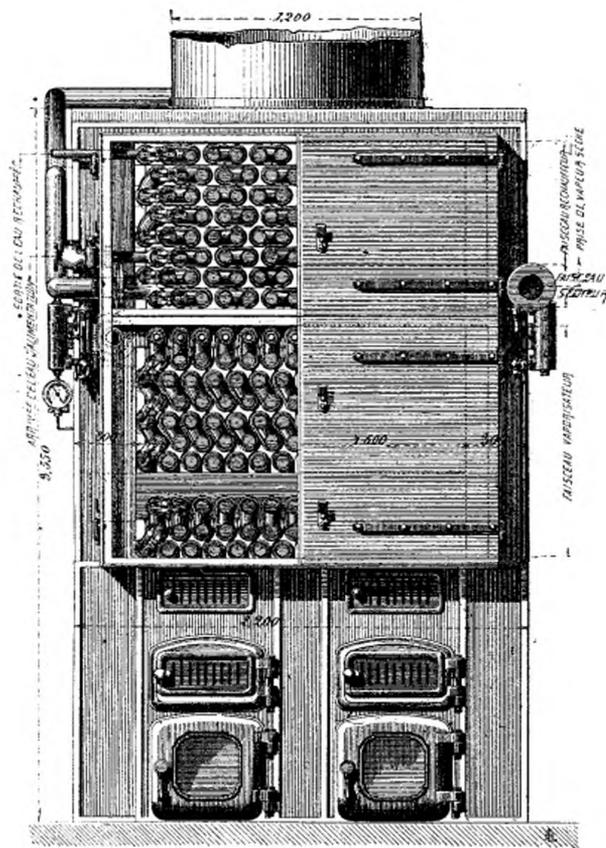
Les constructeurs garantissent à 150° centigrades la température des gaz à la sortie du réchauffeur à la seule condition que le générateur fasse la puissance pour laquelle il est construit et que l'alimentation ait lieu à l'eau froide.

il suffit de passer une lance à jet de vapeur par des ouvertures ménagées entre les boîtes des éléments. Pour le nettoyage intérieur, les communications s'enlèvent aux deux extrémités des éléments et dégagent des ouvertures ayant un diamètre supérieur à celui des tubes.

En ce qui concerne les réparations la chaudière Lagosse et Bouché présente des avantages très appréciables; sa construction est d'abord très soignée, ce qui limite ce chapitre. En outre, cette construction permet toujours de remplacer finalement un élément détérioré. Ce changement cause un arrêt maximum de trois heures.

Les essais nombreux qui ont été faits sur cet appareil viennent à l'appui

Il est intéressant de faire savoir que la construction de la chaudière Lagosse et Bouché, toutes qualités que ce système semblait présenter à première étude, n'a pas été chose décidée subitement dans les ateliers de Creil. Des études plus complètes ont été faites tout d'abord et un premier appareil construit a été sou-



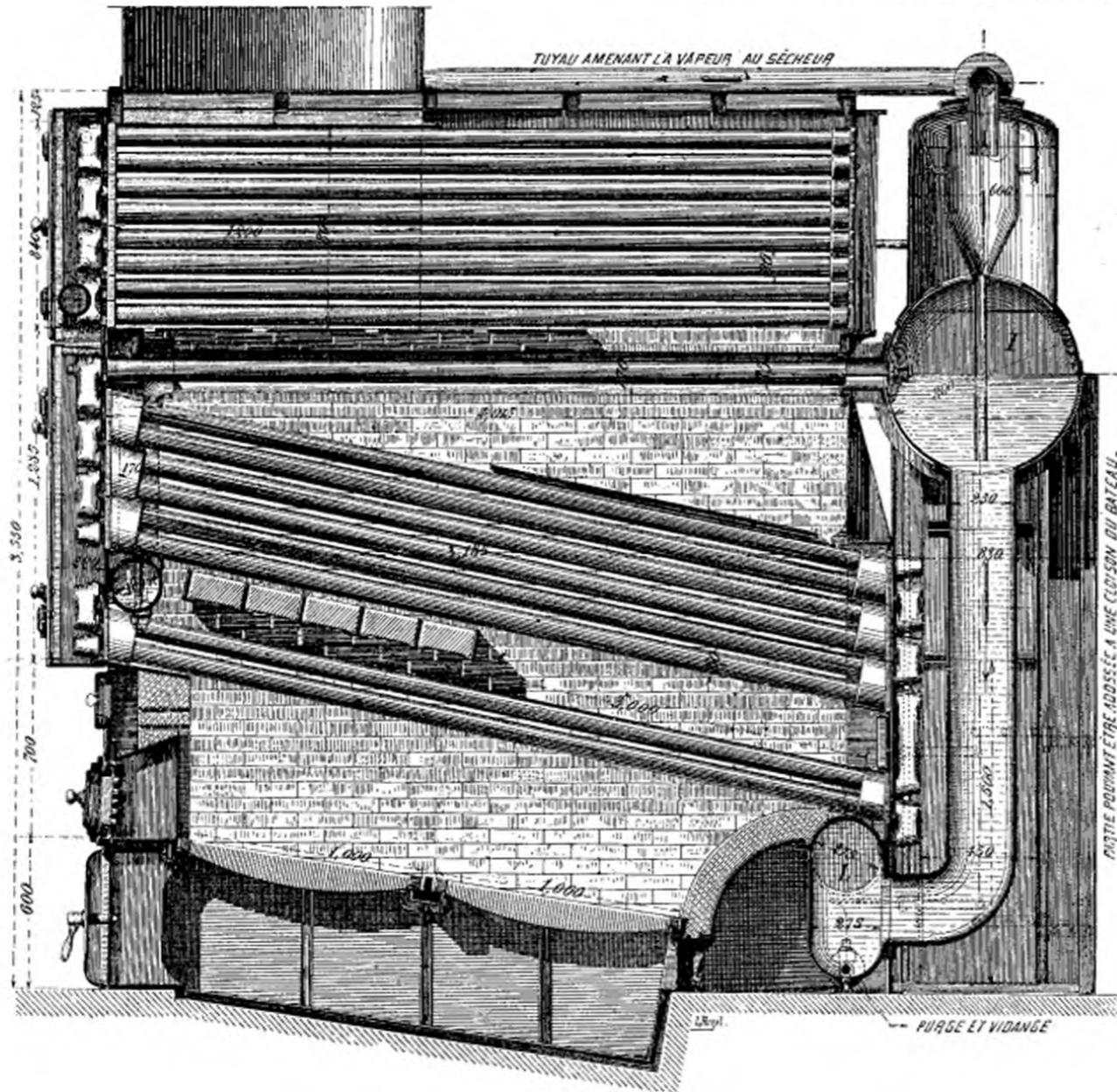
VUE D'AVANT LAISSANT VOIR LES BOITES DE RACCORD

mis à des essais dont les résultats ont été observés avec soin. Ces résultats et ceux obtenus, par la suite avec d'autres générateurs du même système, décidèrent la construction du système de chaudière que nous avons décrit.

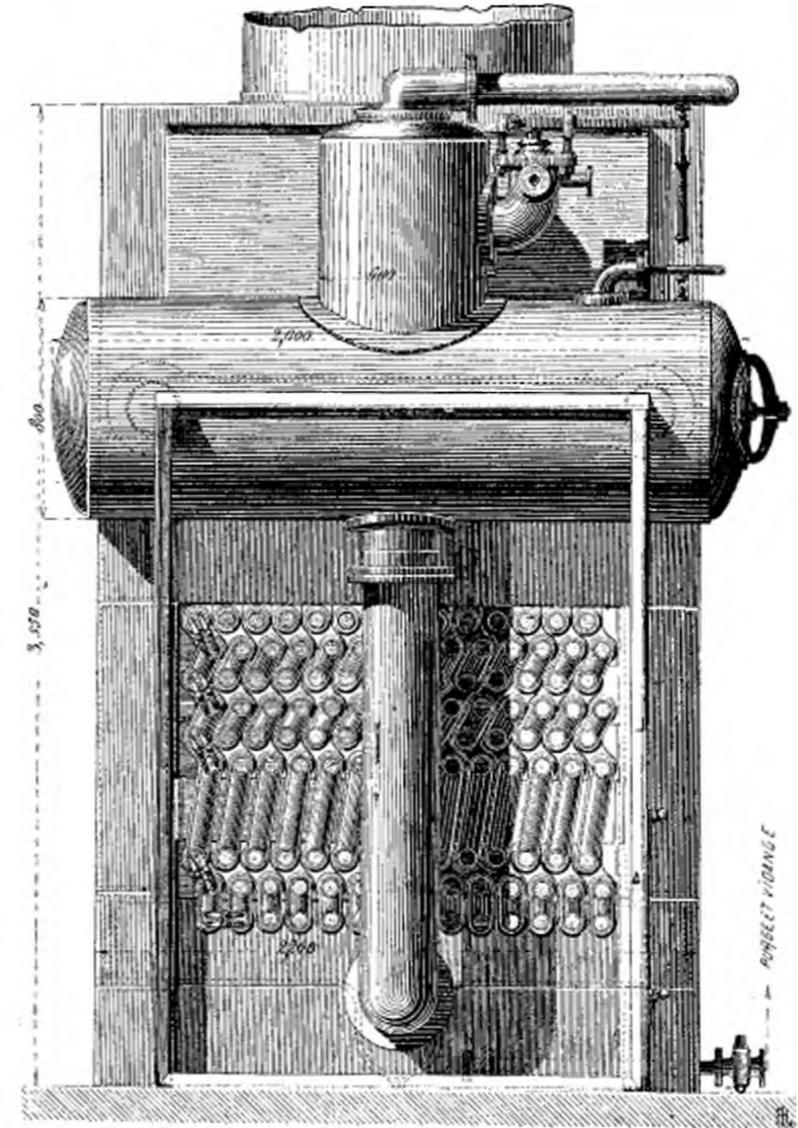
Trois types de cette chaudière sont étudiés et construits par les ateliers de Creil.

1° Le type industriel, celui qui a été présenté dans cette étude;

GÉNÉRATEUR SYSTÈME LAGOSSE ET BOUCHÉ



COUPE LONGITUDINALE



VUE ARRIÈRE

2° Le type spécial aux faibles puissances, convenant pour les installations à terre exigeant une production de 100 à 600 kilogrammes de vapeur sèche à l'heure ; le type représenté figure 8 est construit et vendu pour la production minima de 400 kilogrammes à l'heure.

3° Le type spécial pour la marine dont la description est chose inutile sur le vu des figures ci-contre. On voit d'après ces figures la manière dont on a groupé sous le minimum de volume tous les éléments du type industriel ; pour les applications à la marine une enveloppe métallique remplace la maçonnerie. Le modèle représenté a une surface de chauffe de 180 mètres carrés ; sa production de vapeur sèche à l'heure varie de 3,000 à 6,000 kilogrammes suivant que l'on emploie le tirage naturel ou le tirage forcé.

Deux essais importants qu'il est intéressant de faire connaître ont été faits sur les chaudières Lagosse et Bouché. L'un, sous la direction de M. Vigreux, professeur à l'École centrale, chef du Service mécanique et électrique de l'Exposition Universelle de 1889, le 22 septembre 1888 ; l'autre, conduit et surveillé par M. Cardin, Sous-intendant militaire de 1<sup>re</sup> classe, chargé de la direction du Service de la Place de Paris, le 24 décembre 1888.

Le premier essai a eu lieu chez M. Pulsford, en son Usine centrale d'éclairage électrique, rue du Faubourg Saint-Martin, 31.

Le charbon employé, dont un échantillon a été analysé par M. Vincent, professeur de chimie industrielle à l'École centrale, avait la composition suivante :

Eau . . . . .	0.82
Cendres . . . . .	11.31
Coke . . . . .	79.40
Matières volatiles . . . . .	19.78
Total . . . . .	100.00

Les données de la chaudière soumises à l'expérience étaient les suivantes :

Surface de chauffe du vaporisateur composé de 30 tubes de 3 mètres de longueur sur 0 <sup>m</sup> ,10 de diamètre . . . . .	28 <sup>m</sup> ,27
Surface du sécheur de vapeur composé de 4 tubes de mêmes dimensions que ceux de vaporisateur . . . . .	3 77
Surface de chauffe du réchauffeur de l'eau d'alimentation composé de 15 tubes identiques . . . . .	13 19
Surface de chauffe totale . . . . .	45 <sup>m</sup> ,23

Le feu étant conduit à tirage naturel, on a pu observer que la température accusée par le thermomètre placé à l'entrée dans la cheminée a été au début de l'essai de 100 degrés, son maximum a atteint 180 degrés et la moyenne a été de 155° centigrades.

La production de vapeur par heure et par mètre carré de surface totale de chauffe a été de 13 kg.160, chiffre qui pourrait être dépassé notablement en poussant le feu, mais à la condition d'abandonner les produits de la combustion à une plus haute température.

Chaque kilogramme de combustible a produit 8 kg. 475 de vapeur. Le poids de combustible brûlé par heure et par mètre carré de surface de grille a été de 64 kilogrammes de houille. Tous ces chiffres qui sont la preuve d'une excellente marche et d'une construction très soignée ayant pour garantie la haute compétence de M. Vigreux, ne sauraient en aucune façon être modifiés. L'expérience a été conduite avec toute la précision et toute l'attention désirables. On doit donc considérer comme absolument exactes toutes les conclusions qui s'en dégagent.

La deuxième expérience portait sur deux générateurs installés dans le bâtiment H du magasin de réserve de l'île de Billancourt. Un essai complet de vaporisation a été fait sur l'un de ces générateurs, des constatations ont été relevées toutes les demi-heures. La pression a atteint la moyenne 7 kg.095. Le poids de vapeur sèche obtenue par kilogramme de combustible a été de 9 kg.430. Ce résultat a naturellement été considéré comme très satisfaisant, eu égard à la température de l'eau d'alimentation (3°) la qualité médiocre du combustible, l'humidité des maçonneries et le froid qui régnait dans la chambre des chaudières.

Par mètre carré de surface de chauffe totale et par heure la production a atteint 14 kg. 250.

La température des produits de la combustion à leur sortie du fourneau a été en moyenne de 170° malgré un tirage très puissant.

Ces constatations sont suffisamment concluantes. Il semblait intéressant de s'y arrêter.

MM. Daydé et Pillé exposent dans leur pavillon de la cour de la force motrice quatre générateurs Lagosse et Bouché. Deux de ces générateurs sont employés au service de la force motrice dans le Palais des Machines et alimentent en collaboration avec l'installation de M. Roser et un générateur de MM. de Naeyer et C<sup>ie</sup>, les classes 50, 62 et la section Suisse.

Les machines motrices conduites par ce groupe sont :

La machine Schneider et C<sup>ie</sup>, au Creusot.

- » Weyher et Richemond, à Pantin.
- » de la Société Française de Matériel agricole, de Vierzon.
- » V<sup>t</sup> Biéatrix, à Saint-Étienne,
- » de la Société Suisse pour la Construction des Locomotives et de Machines, de Winterthur (Suisse).
- » des Ateliers d'Oerlikon (Suisse).

Les deux autres générateurs fournissent la vapeur aux machines motrices de la Station d'électricité de MM. Steinlen et C<sup>ie</sup>.

Ces quatre générateurs timbrés à 10 kilogrammes, présentent les caractéristiques suivantes :

*1<sup>er</sup> Générateur* (avec sécheur de vapeur et réchauffeur d'eau d'alimentation) :

Capacité totale . . . . .	9 <sup>m3</sup>
Surface totale de chauffe . . . . .	153 <sup>m2</sup> ,24

*2<sup>e</sup> Générateur* (avec sécheur de vapeur) :

Capacité totale . . . . .	2 <sup>m3</sup> ,070
Surface totale de chauffe . . . . .	66 <sup>m2</sup> ,75

*3<sup>e</sup> Générateur* :

Capacité totale . . . . .	7 <sup>m3</sup> ,630
Surface totale de chauffe . . . . .	113 <sup>m2</sup> ,10

*4<sup>e</sup> Générateur* :

Capacité totale . . . . .	7 <sup>m3</sup> ,63
Surface totale de chauffe . . . . .	113 <sup>m2</sup> ,10

Les deux générateurs affectés au Service de la force motrice du Palais des Machines ont été pris par l'Administration de l'Exposition pour une production normale de 3000 kilogrammes de vapeur sèche à l'heure.

Les essais de vaporisation faits sur ces deux générateurs contradictoirement par les représentants des Fournisseurs et par le Service mécanique de l'Exposition ont montré que leur production à tirage normal atteignait 4,550 kilogrammes par heure.

Ces deux chaudières sont alimentées par l'eau de Seine provenant des usines élévatoires du Quai d'Orsay. Elles sont reliées à une canalisation de vapeur dans laquelle viennent aboutir comme nous l'avons dit déjà, les tuyauteries particulières de l'installation de M. Roser et la conduite de la chaudière n°1 de MM. de Naeyer et C<sup>ie</sup>.

Le groupe de générateurs de MM. Daydé et Pillé est desservi par une cheminée en tôles et cornières sans haubans de 35 mètres de hauteur et d'un diamètre intérieur uniforme de 1<sup>m</sup>,70 qui est très remarquable.

Après la description de cette installation intéressante, nous aurions désiré faire prendre place à quelques détails sur les spécialités de la Maison Daydé et Pillé. Le cadre de cette étude ne permet pas ces détails, mais il est bien démontré dès maintenant qu'un grand esprit de travail et d'ordre préside à toutes les innovations faites aux Ateliers de Creil. C'est dire l'importance de la maison et la valeur de ses garanties.

## GÉNÉRATEURS DE VAPEUR

### (Système Babcock et Wilcox)

---

La Compagnie Babcock et Wilcox a monté à l'extrémité de la Cour de la force motrice (côté avenue de la Bourdonnais) une batterie de deux générateurs de son système pour le service des classes 58, 48, et de la section britannique. La Compagnie Babcock et Wilcox a été mise pour ce service en collaboration avec M. C<sup>d</sup>. Knap et C<sup>ie</sup>, constructeurs à Londres dont il sera parlé dans cette étude. Les générateurs Babcock et Wilcox concourent à cette fourniture de vapeur dans la mesure de 7,000 kilogr. à l'heure de marche normale et le générateur C<sup>d</sup>. Rnap pour 1500 kg. La vapeur est fournie à la conduite générale à la pression effective de 8 kilogrammes.

Les deux générateurs Babcock et Wilcox sont installés dans un bâtiment spécial. Ils dégagent les gaz de la combustion dans une cheminée en briques de 35 mètres de hauteur. Leur timbre est de 10 kg. Leurs caractéristiques sont les suivantes :

Capacité totale de chacun . . . . .	19 <sup>m3</sup> 775
Surface de chauffe. . . . .	258 <sup>m2</sup>

Un économiseur-réchauffeur est en communication avec ces deux générateurs. Il est également timbré à 10 kg. et a une capacité totale de 3<sup>m3</sup>, 480 et une surface totale de chauffe, 135 <sup>m2</sup>.

Dans les expériences qui ont été faites par l'administration de l'Exposition, en vue de déterminer la puissance de vaporisation des deux générateurs Babcock et Wilcox, il a été reconnu qu'on pouvait avec un tirage normal leur faire produire jusqu'à 11,000 kg. de vapeur à l'heure. La quantité de vapeur exigée de ce groupe n'étant que de 7,000 kg. comme nous l'avons dit déjà, le service se trouve pour cette partie du Palais des Machines assuré et au delà.

La chaudière Babcock et Wilcox est un de ces appareils qui ont fait leurs preuves dans les services industriels et sur le compte desquels le doute n'est pas permis. Aux avantages incontestables dus à l'application des principes très simples du système multitubulaire, il joint une grande supériorité de construction,

ce qui amène nécessairement une économie indéniable dans la durée comme dans les frais généraux d'installation de surveillance et d'entretien.

Dans son ensemble, le générateur Babcock et Wilcox comprend les parties essentielles dont les indications suivent :

Un réservoir horizontal, à grand volume d'eau et de vapeur.

Un faisceau tubulaire incliné formé d'éléments simples juxtaposés, entièrement en fer. Chaque élément se compose d'un certain nombre de tubes assemblés dans des boîtes en fer forgé, ondulées, d'une seule pièce, avec fermetures autoclaves en regard des tubes, établissant une communication directe à grande section entre chacun de ces tubes et le réservoir supérieur.

Un réservoir transversal destiné à recevoir le dépôt des boues et sels calcaires précipités est placé à la partie arrière et inférieure de la chaudière. Chaque élément du faisceau tubulaire a sa communication et son adduction spéciales à ce réservoir de dépôts.

La chaudière est entièrement suspendue à des poutres transversales reposant sur des colonnes en fer indépendantes de la maçonnerie et libres de se dilater ou de se contracter sans produire aucun dérangement dans l'appareil lui-même. Cette chaudière a comme avantages principaux une économie appréciable dans le combustible, dans les frais de toute sorte, entretien, surveillance, etc., une grande sécurité contre les explosions, augmentée encore par le degré de perfection de ses organes, une facilité incontestable dans la visite et le nettoyage de toutes les parties de la surface de chauffe, etc.

La circulation de l'eau et de la vapeur y est également régulière, libre et rapide. Cette circulation a toujours lieu dans une même direction et par autant d'orifices égaux qu'il y a d'éléments tubulaires verticaux juxtaposés. Elle a pour but et pour résultats principaux :

1° D'assurer le dégagement immédiat de la vapeur engendrée et la séparation complète de la vapeur et de l'eau.

2° D'égaliser dans la mesure la plus complète la température de toutes les parties de la surface de chauffe et de prévenir ainsi toute cause de dilatation inégale et par suite de dislocation des organes.

D'entraîner forcément et d'amener à la partie inférieure de la chaudière tous les calcaires et sels précipités qui doivent se rendre au collecteur de dépôts.

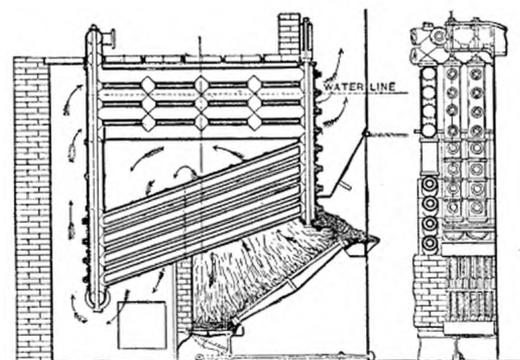
Afin de mieux faire ressortir les nombreux avantages de la chaudière Babcock et Wilcox du système actuel, il semble intéressant de s'attacher un instant à l'histoire de cet appareil. Nous aurons ainsi la facilité d'établir d'une façon tangible les causes des diverses modifications qu'il a subies pendant les vingt-trois années d'études, d'applications et de recherches réitérées qui ont précédé l'apparition du modèle actuel.

La chaudière multibulaire Babcock et Wilcox a pour point d'origine bien marqué la chaudière de Stephen Wilcox dont le brevet fut pris en 1856. Le

brevet commun ne fut pris sous les noms de Babcock et Wilcox que onze ans plus tard.

Stephen Wilcox inaugura le système des tubes à eau inclinés mettant en communication les parties antérieure et postérieure de la Chaudière.

N° 1. — Chaudière originelle Babcock et Wilcox brevetée en 1867. — Cet



appareil était formé d'un faisceau de tubes horizontaux, remplaçant le corps cylindrique d'eau et de vapeur, superposés et réunis à chaque extrémité par des joints boulonnés à un faisceau de tubes à eau inclinés. A l'intérieur de ces derniers tubes, se trouvaient d'autres tubes concentriques pour aider la circulation du mélange. Les tubes étaient construits en fonte avec les

extrémités formant boîtes de raccord venues d'une seule pièce avec eux. En face de chaque tube une ouverture était ménagée pour le nettoyage.

N° 2. — La construction de ce type fut basée sur l'observation de l'inutilité de la présence des tubes intérieurs concentriques dans le phénomène de la circulation.

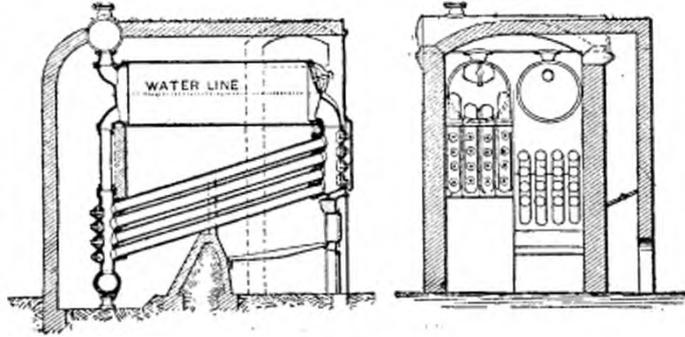
Ces deux premiers types furent trouvés rapidement défectueux à cause d'abord de la disposition générale, et ensuite de la matière employée dans la construction. On remarqua bientôt en effet que les tubes inférieurs en fonte se fendaient dès que les calcaires venaient s'y attacher.

N° 3. — Les tubes en fer forgé furent substitués aux tubes en fonte employés primitivement. Pour exécuter le raccord de ces tubes en fer avec les boîtes de communication, on décapait leurs extrémités avec soin et on coulait directement les boîtes en fonte.

Cette première difficulté d'exécution une fois tournée, la réserve d'eau et de vapeur fut bientôt jugée insuffisante pour maintenir une pression régulière et assurer la siccité de la vapeur. On ne se rendit pas tout d'abord à l'idée de sécher la vapeur produite en la surchauffant. La réserve de vapeur était en effet si petite que suivant la mesure de la consommation, la vapeur se dégageait surchauffée, sèche ou très humide. Enfin, on reconnut que la circulation était si peu active que des dépôts venaient se former à la partie inférieure du fais-

ceau tubulaire incliné et déterminaient à bref délai la rupture de la fonte exposée à l'action des gaz du foyer.

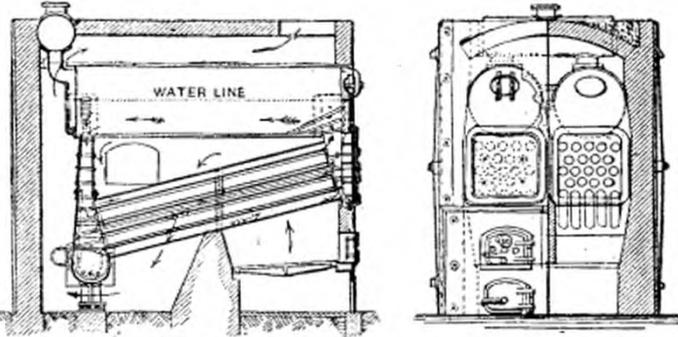
N° 4. — Le faisceau tubulaire horizontal fut pour les raisons énoncées plus haut supprimé et remplacé par un réservoir cylindrique rempli d'eau jusqu'à son plan d'axe. A l'arrière de la chaudière et à l'extrémité du faisceau tubulaire incliné, dans la partie la plus basse de l'appareil, on plaça un collecteur de dépôts.



TYPE N° 4

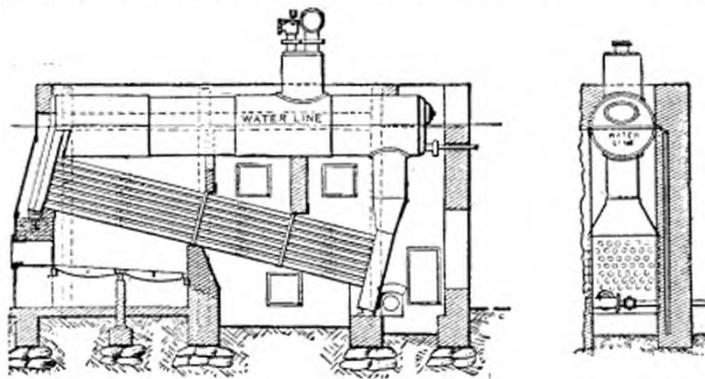
Le remplacement du faisceau tubulaire horizontal, par un réservoir d'eau et de vapeur fut à vrai dire un pas en arrière au point de vue de la sécurité, mais en ce qui concerne la régularité du fonctionnement et la qualité de la vapeur produite, on ne peut contester que ce fut là un grand avantage obtenu.

N° 5. — Une grande difficulté se présentait encore. C'était le raccordement des tubes avec des boîtes de communication en fer. Une amélioration s'imposait à bref délai. Elle fut réalisée par l'introduction de boîtes en fer et par la disposition des tubes en quinconce qui fut reconnue plus avantageuse que celle des rangées en plans verticaux.



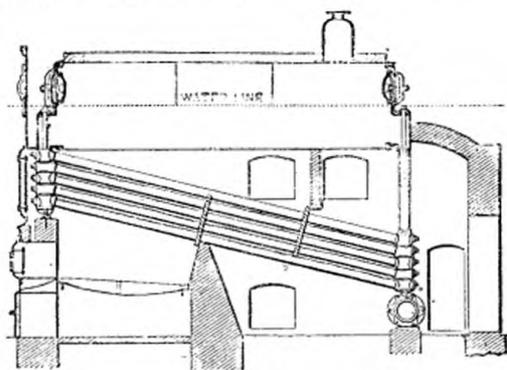
TYPE N° 5

N° 6. — Cette modification porta seulement sur la longueur des tubes du faisceau incliné, qu'on augmenta de façon à obtenir dans le foyer, trois circulations de gaz au lieu de deux et par suite une économie de combustible. Avec ce type n° 6, la construction des chaudières Babcock et Wilcox aug-



TYPE N° 6

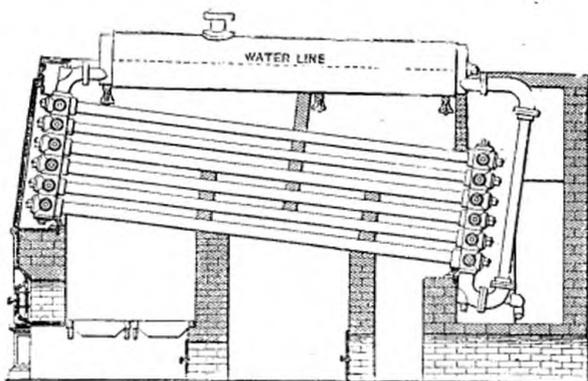
menta dans de notables proportions, mais le prix de la fabrication en était encore trop élevé. De plus on s'apercevait que d'autres difficultés venaient se mettre sur la route et l'on s'occupait de les aplanir tout d'abord. Le défaut de résistance des assemblages sous l'influence des variations de température, la difficulté du transport et du montage furent les principales causes de l'apparition d'un nouveau modèle.



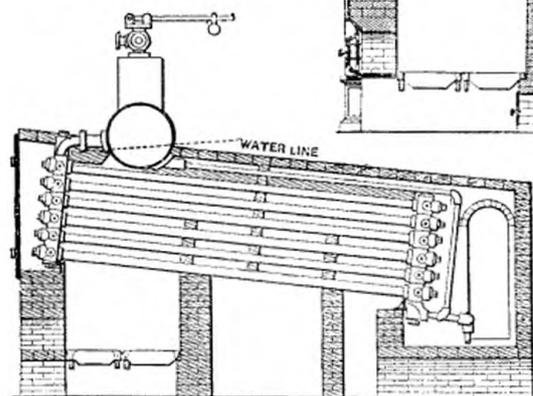
TYPE N° 7

N° 7. — Dans ce type, des boîtes en fonte, complètement indépendantes pour chaque tube, étaient vissées à leurs extrémités et réunies ensemble, par rangée en plan vertical, par un long boulon en fer. D'une boîte à l'autre le joint était fait métal sur métal. Il existe encore aujourd'hui beaucoup de chaudières construites sur ce modèle.

Nos 8 et 9. — Ces deux types brevetés d'abord sous les noms de Griffith et Wundrum furent reliés aux systèmes Babcock et Wilcox peu de temps après. La modification introduite consistait dans l'essai de quatre passages de gaz à travers le fais-



TYPE N° 8



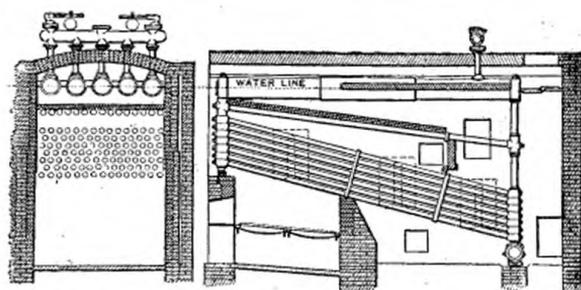
TYPE N° 9

ceau tubulaire et dans la circulation d'eau qu'on chercha à établir à la partie postérieure et inférieure de ce faisceau.

Le n° 9 fut le résultat d'un essai malheureux dans lequel on voulut réduire la réserve d'eau et de vapeur, ce qui permettait d'abaisser le prix de l'appareil en augmentant la sécurité. Mais ce type ne donna pas les résultats qu'on en attendait.

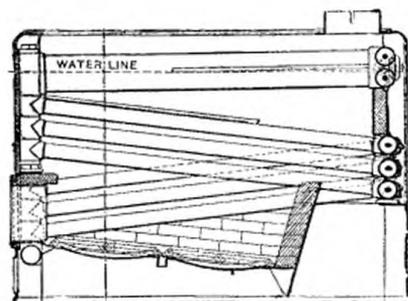
N° 10. — Dans ce modèle on voulut remplacer les réservoirs supérieurs à

grand diamètre par plusieurs autres de plus petites dimensions; on introduisit en même temps entre le faisceau tubulaire incliné et ces réservoirs une rangée de tubes destinés au retour de l'eau entraînée, afin de ne laisser que la vapeur se dégager dans les réservoirs supérieurs. Comme résultat on put remarquer que la siccité de la vapeur était de beaucoup diminuée. Les quatre circulations de gaz n'ayant donné aucune économie sérieuse, ce type fut abandonné. Nous le citons seulement comme mémoire.



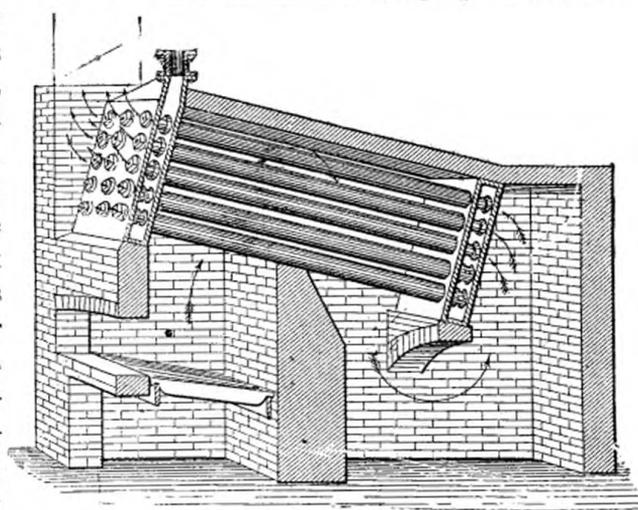
TYPE N° 10

N° 11. — Cette phase de l'histoire de la chaudière Babcock est marquée par l'essai peu satisfaisant d'un système à serpentín dans lequel la circulation de l'eau était très gênée et le dégagement de la vapeur presque impossible. La production de vapeur étant en disproportion complète avec les sections de dégagement; il en résultait un fonctionnement très défectueux et une production de vapeur très humide.



TYPE N° 11

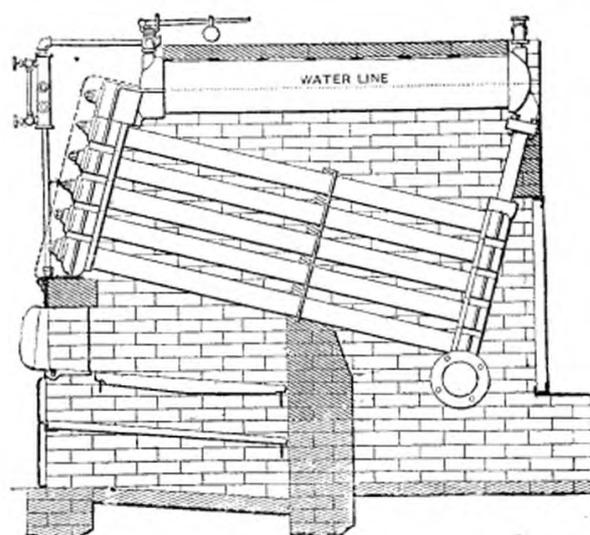
N° 12. — Ce type fut créé en vue de remédier au défaut que présentaient tous les précédents, savoir : les fuites nombreuses qui y étaient dues à l'inégalité de la dilatation des divers organes. Les tubes furent mandrinés dans chacune des parois des deux caissons en tôle placés à leurs extrémités pour la collection de la vapeur. Ces tubes présentaient dans l'intervalle des ouvertures pour le passage du mé-



TYPE N° 12

lange d'eau et de vapeur. Pour obtenir une augmentation de la surface de chauffe on introduisit des tubes à fumée à l'intérieur des tubes à eau, mais ce ne fut là qu'un essai dont on dut abandonner l'idée à cause de la difficulté du nettoyage.

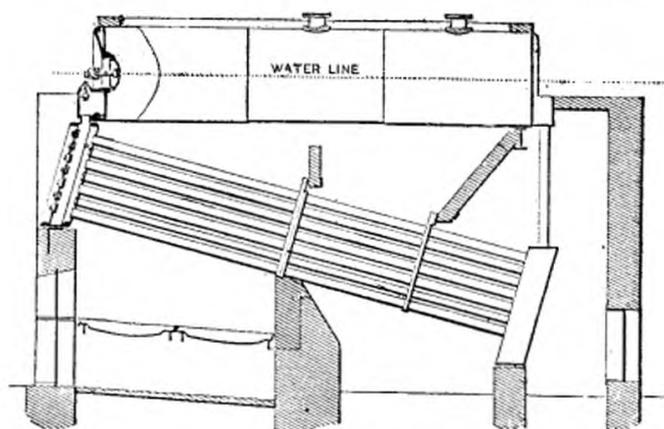
N° 13. — Les collecteurs en plans verticaux furent réunis et tous faits d'une



TYPE N° 13

seule pièce en fonte et réunis au réservoir par des boulons. Ce modèle fut peu construit.

N° 14. — Les boîtes en fonte de toute la largeur de la chaudière, dont il



TYPE N° 14

vient d'être parlé au n° 13 furent abandonnées et remplacées par d'autres en fer réunies par des entretoises. Cette construction fut jugée extrêmement défectueuse. Sous le réservoir et à l'arrière on fit le mur de séparation pour la marche des gaz du foyer, suivant un plan incliné de l'arrière à l'avant. Cette disposition n'eut pas de

succès. Bien qu'elle augmentât le volume de la chambre de combustion, elle n'amena pas d'amélioration sensible dans la marche. L'entretien du cloisonnement était tout au contraire, devenu d'une extrême complication.

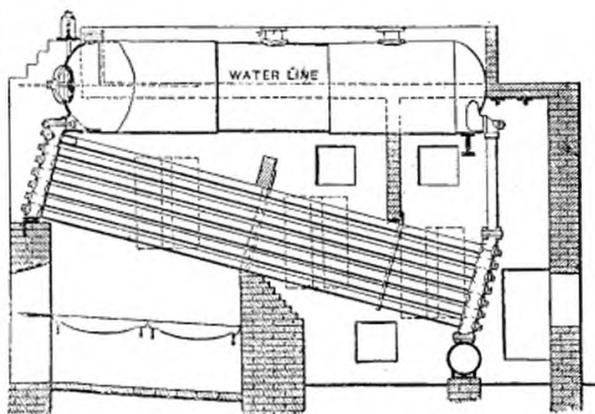
N° 15. — Ce type marque une innovation heureuse dont les appareils de nos jours profitent encore.

C'est l'assemblage de chaque rangée verticale de tubes dans une boîte de communication spéciale. Cette boîte, construite en fonte, avait une forme sinuée permettant de conserver la disposition des tubes en quinconce. Cette forme fut donc conservée depuis.

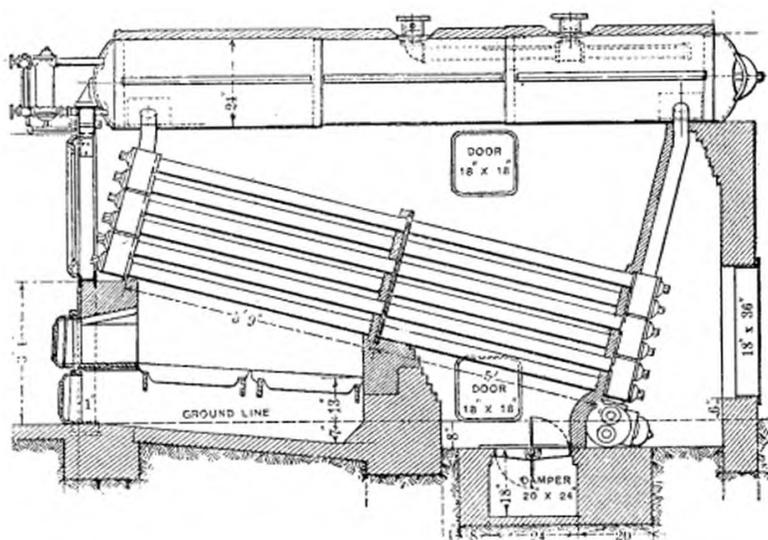
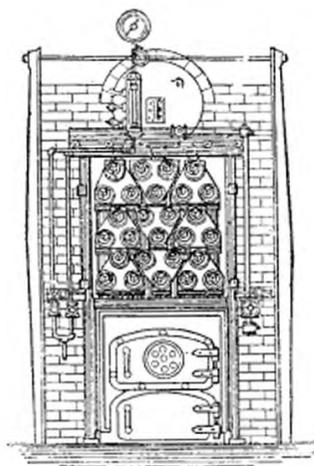
Le réservoir fut supporté par des poutrelles en fer. Tous les joints boulonnés furent supprimés à l'exception de ceux qui assemblaient les collecteurs au réservoir.

Plus tard on les supprima totalement en réunissant les deux parties par des bouts de tubes mandrinés à chaque extrémité.

N° 16. — Ce nouveau modèle marque l'essai de boîtes de communication triangulaires superposées et renversées alternativement. Ces boîtes étaient réunies par des bouts de tubes et leur raccord était fait avec le réservoir supérieur au



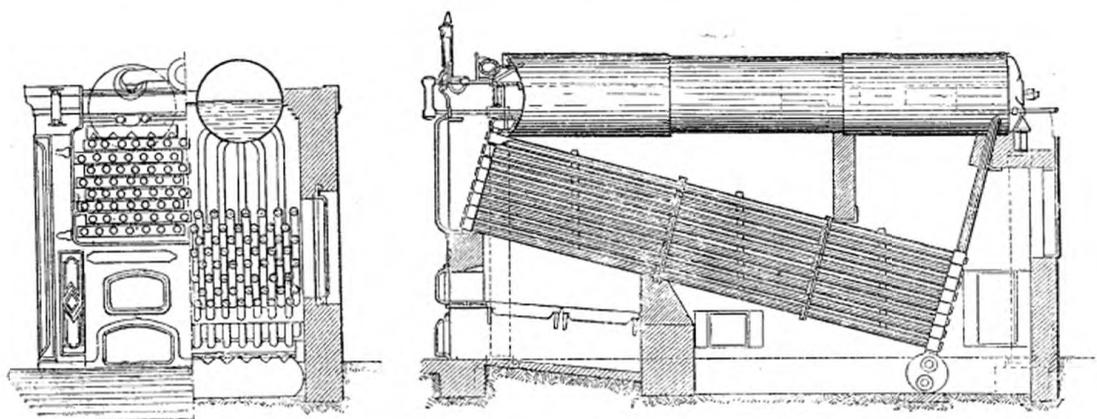
TYPE N° 15



TYPE N° 16

moyen de tubes recourbés normalement à la surface cylindrique. Ce type avait le défaut d'offrir au mélange d'eau et de vapeur, une circulation très insuffisante. De plus les assemblages des boîtes de communication ne présentaient aucune résistance.

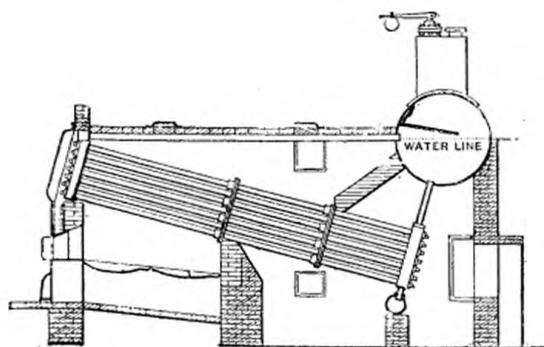
N° 17. — On fit l'essai de collecteurs droits disposés horizontalement réunis l'un à l'autre et avec le réservoir par des bouts de tubes. La construction de ce type de chaudière fut bientôt reconnue d'une rigidité excessive. La dilatation



TYPE N° 17

n'y était aucunement libre et les assemblages devenaient défectueux en très peu de temps. La circulation ne gagnait rien à cette disposition nouvelle. Aussi la fabrication de ce système de chaudière fut-elle suspendue à bref délai.

N°s 18 et 19. — Ces deux modèles furent étudiés et construits dans le seul but d'arriver à produire en un temps très court une grande quantité de vapeur.



TYPE N° 18

Il se présentait en effet certains cas où la qualité même de la vapeur n'entraît pas en ligne de compte.

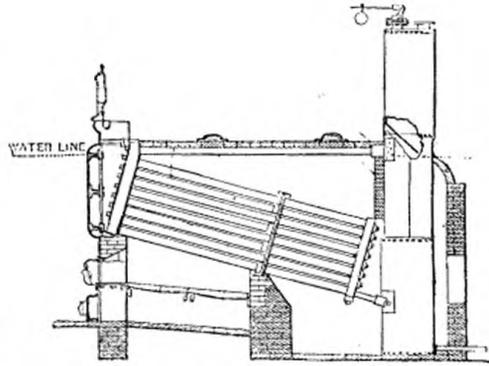
Pour arriver à une production rapide, on remplaça d'abord le réservoir à petit diamètre placé longitudinalement par un réservoir de plus grandes dimensions placé transversalement à l'arrière de la chaudière. Ce réservoir était surmonté d'un dôme de grande capacité sur lequel étaient montés les appareils de sûreté.

Une rangée horizontale de tubes faisait communiquer les collecteurs d'avant avec le réservoir. Les collecteurs d'arrière communiquaient avec ce réservoir au moyen de tubes mandrinés dans les deux parties à réunir.

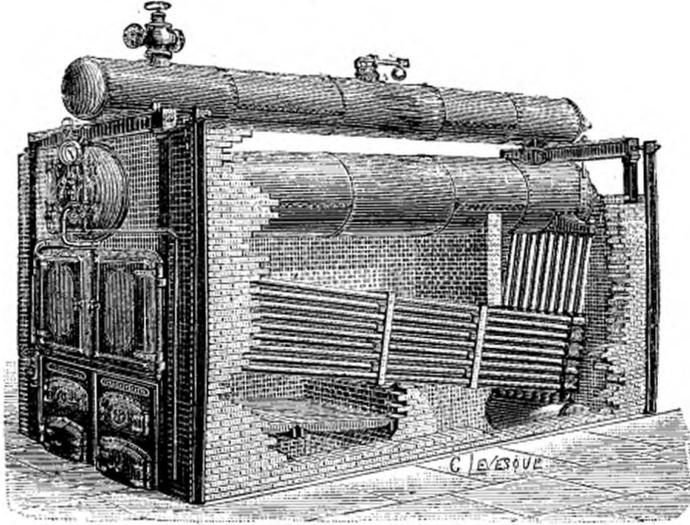
Dans ce deuxième essai on remplaça le réservoir horizontal transversal à la direction de la chaudière par un corps cylindrique placé verticalement à l'arrière du faisceau tubulaire incliné. La partie supérieure des collecteurs d'avant et la partie inférieure des collecteurs d'arrière étaient en communication avec le corps vertical au moyen de tubes horizontaux.

Ces deux types répondirent entièrement aux espérances des innovateurs et donnèrent les résultats les plus satisfaisants.

N° 20. — Jusqu'à présent, les différents modèles de la Chaudière Babcock et Wilcox n'avaient été que le résultat d'expériences ou même d'études simples. Un grand nombre d'appareils furent construits sur leurs données, mais il n'était pas permis d'assurer que le type industriel fût créé. Une chaudière multitubulaire



TYPE N° 19



TYPE N° 20

parfaite devait en effet remplir des conditions que les divers modèles n'avaient encore pas atteintes. Les principes de construction suivants s'imposaient donc tout d'abord :

1° Afin de conserver la disposition si importante des tubes en quinconce,

emploi de collecteurs ondulés, fabriqués d'une seule pièce, en fer et indépendants l'un de l'autre pour chaque série verticale de tubes.

2° Pour rendre absolument libre la circulation du mélange d'eau et de vapeur à l'intérieur des éléments, communication à grande section avec le réservoir, à l'avant et à l'arrière de chacune des séries verticales de tubes.

3° Suppression des vis et des boulons dans les assemblages entre les différentes parties de l'appareil et rejet absolu de toutes les surfaces exigeant l'emploi d'entretoises.

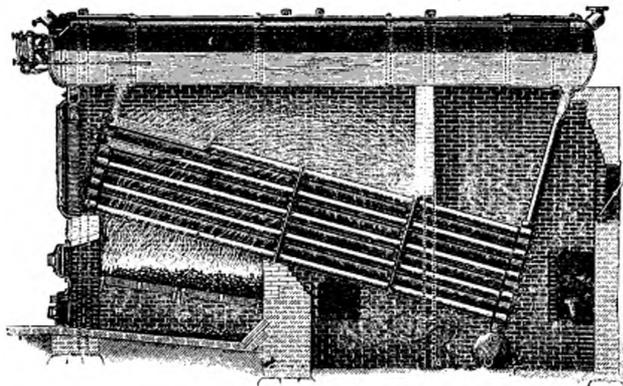
4° Mode de suspension de la chaudière elle-même absolument indépendante des maçonneries, de manière à permettre la libre dilatation et la contraction des organes sans qu'on ait à craindre de dislocation dans les assemblages.

6° Réservoirs d'eau et de vapeur d'un grand diamètre et d'une grande longueur afin de parer à une dépense brusque de vapeur.

7° Enfin, comme donnée pratique, facilité de l'accès à toutes les pièces de l'appareil pour les réparations et pour le nettoyage.

Dans le type n° 20 qui a été construit sur ces principes, les assemblages ont été obtenus entre les tubes et les boîtes de communication par le mandrinage des tubes à leurs extrémités. C'est le système qui, jusqu'ici, a obtenu le plus grand succès. En Amérique la plupart des installations mécaniques en possèdent le modèle. Depuis douze ans, il en a été construit pour une puissance de plusieurs centaines de mille chevaux.

N° 21. — Du n° 20 au n° 21, la différence n'est, à vrai dire, pas notable. Elle ne porte que sur la manière dont les pièces pour le dégagement de vapeur sont

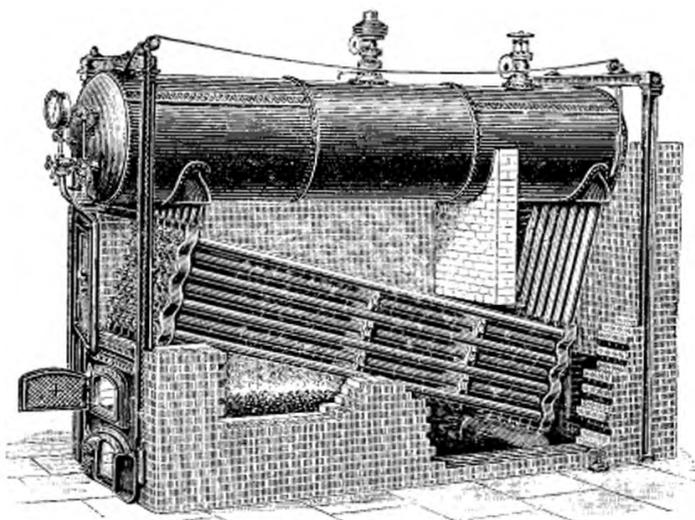


TYPE N° 21

réunies au réservoir. Dans le premier de ces deux types, les adductions des collecteurs se faisaient par les fonds de ce réservoir. Dans le deuxième, on construisit en fer forgé des boîtes de connexions spéciales, fixées en dessous du réservoir, à l'avant et à l'arrière. Cette disposition fut jugée avantageuse, en ce sens que les

fonds de réservoir peuvent être faits en tôle et non en fonte et que ce réservoir lui-même peut être construit en plus grande longueur.

N° 22. — La chaudière Babcock et Wilcox actuelle, avec ses derniers perfectionnements de détails, telle enfin qu'elle est exposée à la Cour de la Force motrice, est ce que nous appellerons le type n° 22. Les dernières modifications apportées dans la construction du générateur portent surtout sur l'emploi exclusif du fer forgé pour la fabrication des tubulures, des collecteurs ondulés, des boîtes de connexion, etc. De cette façon, la chaudière se trouve constituée entiè-



TYPE N° 22.

rement sur toute sa surface de chauffe par des pièces en fer résistant d'une manière remarquable à l'action des flammes.

On ne saurait trop insister sur l'avantage énorme offert par cette construction qui répond aux exigences de diverses nations et à celles de l'industrie générale. Le poids total de l'appareil se trouve par cela même considérablement diminué et sa résistance augmentée dans des proportions appréciables.

Cet historique terminé, il est intéressant maintenant de décrire le type actuel de la chaudière Babcock et Wilcox. Nous insisterons sur les détails des deux modèles principaux, l'un de première catégorie pour la grande industrie, l'autre de troisième catégorie, tous deux établis et construits en vue de satisfaire aux conditions exigées par les règlements de l'Administration des Mines.

Les figures de 1 à 3 se rapportent au modèle de première catégorie.

La figure 1 est la vue longitudinale, suivant une section passant par l'axe du foyer.

La figure 2 est la coupe transversale suivant l'axe vertical des boîtes de raccord des tubes avec le collecteur supérieur.

La figure 3 est une vue extérieure de face des boîtes de connexion des tubes.

*Dispositions générales.* — La partie essentielle de la chaudière consiste dans le faisceau incliné des tubes en fer forgé, communiquant par des conduits perpendiculaires avec un corps cylindrique ou collecteur en tôle d'acier à double rivure, occupant toute la largeur du fourneau, et surmonté d'un réservoir de vapeur en communication par deux tubulures avec le faisceau tubulaire. Un collecteur est destiné à recevoir tous les dépôts calcaires précipités pendant l'évaporation. Ces dépôts peuvent être extraits au moyen d'un robinet disposé dans ce but.

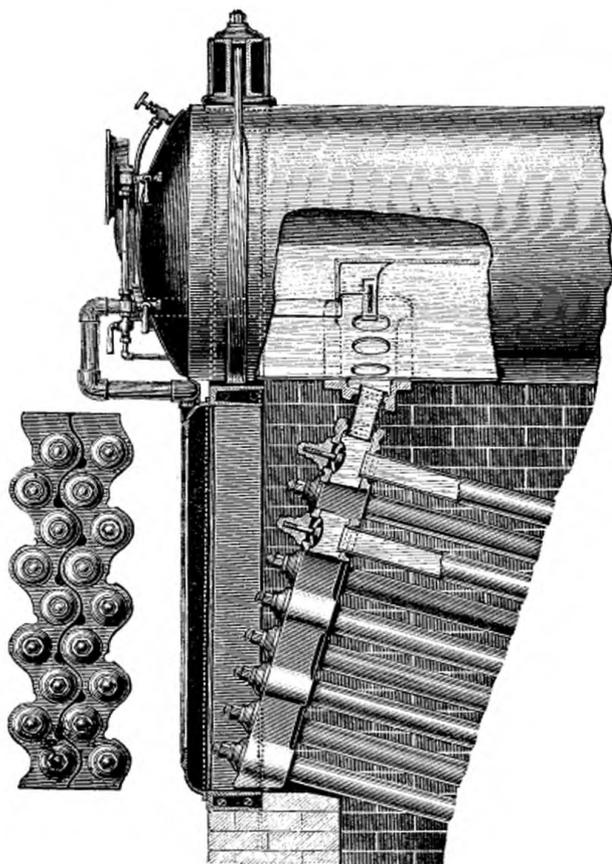


FIGURE 1

Les boîtes de communication ou conduits collecteurs de vapeur, ainsi que ce collecteur sont formés d'un métal combiné très homogène. Ce métal, qui présente à la rupture une résistance considérable, à la qualité non moins apprê-

ciable de résister aux corrosions que l'action des flammes et celle des tartres entraînent si fréquemment dans les appareils du même genre.

Chaque série verticale du faisceau tubulaire est composée de tubes placés dans deux plans verticaux distincts, et affectant en section normale la disposition en quinconce. Ces tubes sont emmanchés, à leurs deux extrémités, dans les boîtes de communication, dont la forme sinueuse permet la disposition que nous avons signalée pour l'ensemble des tubes. Par ce procédé chaque ligne horizontale se trouve ainsi au-dessus des espaces de la série précédente.

Les trous ménagés dans les boîtes sont de forme légèrement conique, forés et alésés avec la plus grande précision. Les tubes sont mandrinés dans ces ouvertures au moyen d'un expanseur à galets (instrument d'invention française).

La connexion entre le faisceau tubulaire et le collecteur de vapeur, est obtenue au moyen des tubes mandrinés également dans des trous forés et alésés dans les fonds de boîtes d'une part, et dans des pièces spéciales en fer forgé rivées sous le collecteur, d'autre part; de cette manière l'emploi des boulons est évité et toute chance de fuite se trouve écartée.

Pour le nettoyage des tubes, devant chacun d'eux est ménagée une ouverture qui est hermétiquement fermée par un bouchon *a* maintenu par un boulon à marteau serré par un écrou. Les surfaces en contact sont parfaitement ajustées et les joints, rendus absolument étanches sans garniture, sont essayés à une pression hydraulique de 20 kil. par centimètre carré.

Comme supplément de sécurité, dans les nouveaux générateurs construits par la C<sup>e</sup> Babcock, les boulons sont à double fermeture, c'est-à-dire composés de deux disques en fer, le disque intérieur remplaçant l'étrier, de sorte que, en cas de rupture du boulon reliant les disques, l'orifice reste fermé, la pression intérieure appliquant avec force le disque intérieur.

Il est à remarquer que toutes les parties dont se compose le générateur sont absolument indépendantes de la maçonnerie du fourneau; l'ensemble de l'appareil est, en effet suspendu à des traverses en fer reposant sur des colonnettes en tôle. La dilatation est donc entièrement libre. Aussi peut-on, sans toucher à aucune des pièces du générateur, réparer la maçonnerie et même la remplacer entièrement.

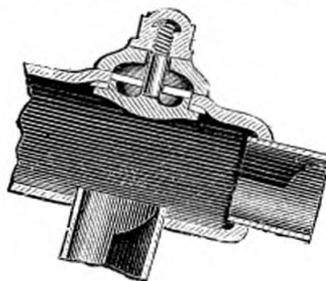


FIGURE 2



FIGURE 3

Les deux portes donnant accès au faisceau tubulaire sont prises dans la devanture en fonte.

Il en est de même des portes du foyer et des portes des cendriers.

L'alimentation a lieu, à l'intérieur du collecteur par un tuyau qui, pénétrant à l'avant, est prolongé jusqu'au tiers de sa longueur.

Les deux indicateurs de niveau d'eau et le manomètre sont placés sur le fond antérieur du corps cylindrique. Le réservoir de vapeur est muni des soupapes de sûreté et du robinet-valve de prise de vapeur.

L'autel du foyer est surélevé par une cloison formée de plaques de fer superposées inversement, échancrées pour le passage des tubes et revêtues du côté du foyer de briques réfractaires de forme telle qu'elles viennent recouvrir les intervalles existant entre les tubes et aussi les jonctions de plaques en fer.

A la suite de cette première cloison, il en existe une seconde semblable convenablement espacée et destinée à diriger les produits de la combustion, qui sont obligés avant de s'échapper par une ouverture spéciale de parcourir le faisceau tubulaire en entier. Les gaz chauffant graduellement et rationnellement les éléments vaporisateurs arrivent à la cheminée à très basse température.

*Fonctionnement.* — Les flammes, et tous les produits de la combustion s'élèvent du foyer et sont tout d'abord arrêtés par une cloison en briques ; ils se développent et traversent la première section du faisceau tubulaire pour redescendre en traversant la deuxième section formée par une cloison également en briques qui est prolongée par une murette jusqu'au corps cylindrique ; de celle-ci, ils remontent à travers la troisième section pour se rendre enfin à la cheminée.

La circulation de l'eau peut être résumée dans les lignes suivantes : l'eau renfermée dans les tubes se trouvant chauffée a une tendance à s'élever, et la vapeur se formant et passant par les boîtes d'avant dans le corps cylindrique, l'eau monte en vertu de sa densité considérablement diminuée. Il s'établit donc une circulation continue. Comme les boîtes présentent de grandes sections de dégagement de vapeur, cette circulation devient de plus en plus rapide ; elle entraîne la vapeur produite qui, venant jusqu'à la surface libre d'évaporation dans le réservoir, est aussitôt remplacée par l'eau à l'intérieur des tubes. La rapidité avec laquelle ces mouvements de liquides et de gaz se produisent, établissent une température sensiblement uniforme dans toutes les parties métalliques de la chaudière, les dilatations inégales sont ainsi évitées, et en même temps la formation des dépôts, car les matières calcaires ne peuvent s'attacher à cause du mouvement continu du liquide. Les boues suivent donc le chemin de l'eau elle-même. Elles se rendent forcément au collecteur d'où on peut les retirer avec la plus grande facilité.

Il est à remarquer que la vapeur ayant pour dégagement final la grande surface d'évaporation du réservoir cylindrique et possédant un espace suffisant pour s'accumuler au dessus de cette surface d'évaporation peut être employée dans les meilleures conditions de siccité.

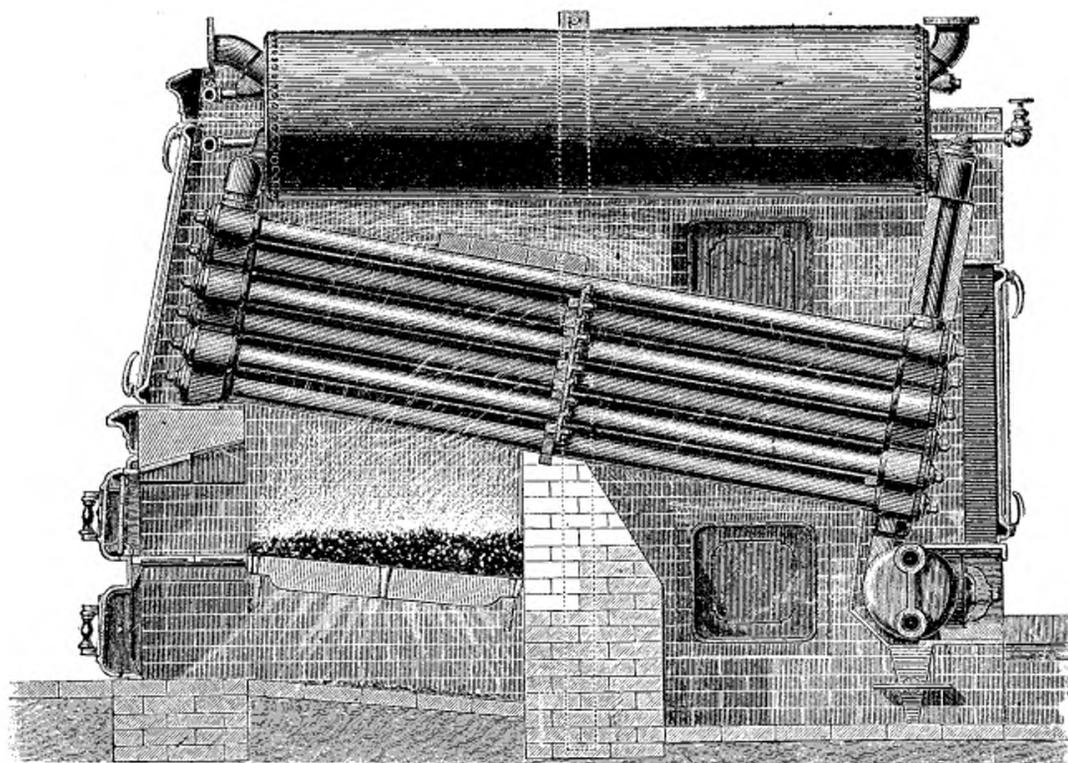


FIGURE 4

*Avantages du système.* — Les avantages particuliers du type multitubulaire, n'étant plus à mentionner ni à défendre, nous ne nous arrêterons pas sur la supériorité dans la transmission du calorique par les tubes à circulation d'eau.

La chambre dans laquelle se trouve le faisceau tubulaire est de grandes dimensions. Les gaz quittant le foyer et traversant méthodiquement les passages en quinconce ménagés entre les tubes peuvent être complètement brûlés pendant leur parcours.

En passant trois fois autour des tubes, les courants de gaz chauds sont mis en contact intime avec toutes les parties de la surface de chauffe et la température est uniformément répartie.

L'eau étant contenue dans des enveloppes en fer, relativement de faible épaisseur, la vapeur se produit très rapidement, et comme le courant établi circule sans cesse dans la même direction, la vapeur produite se dégage librement et sans entraînements d'eau.

La fixité du niveau d'eau est assurée par la grande surface d'évaporation du réservoir.

Le nettoyage des diverses parties de la chaudière est très facile à effectuer. Les portes du foyer très larges et les ouvertures latérales de la chambre de combustion permettent l'accès intérieur du foyer. Les tubes peuvent donc être tenus dans un état complet de propreté.

Le nettoyage intérieur de ces tubes est assuré par la présence à leurs extrémités de bouchons à vis, et par les grandes dimensions des ouvertures pratiquées dans les boîtes de communication en face de chaque tube.

Les réservoirs cylindriques présentent à l'arrière des trous d'homme. Leur nettoyage peut donc se faire rapidement. Le collecteur porte de même un trou d'homme pour la facilité de son entretien.

Comme tous les éléments vaporisateurs sont construits sur le même modèle pour une même chaudière, il en résulte que le montage en peut être fait rapidement et sûrement en quelque endroit que l'on se trouve. Il est seulement besoin d'un simple expasseur comme celui dont nous avons parlé. Le transport au loin est ainsi rendu possible et pratique dans des conditions où l'on n'oserait songer au montage de la chaudière du système ordinaire.

Dans les chaudières de plus faibles dimensions que celle que nous avons décrite, le corps cylindrique dans lequel se fait le dégagement de la vapeur et l'arrivée de l'eau, au lieu d'occuper toute la longueur du fourneau est placé transversalement. Il est réuni aux boîtes de communication d'avant par des tubes.

La vapeur, une fois dégagée se rend du corps cylindrique dans le réservoir, en traversant un clapet de retenue; les autres organes de la chaudière sont absolument identiques à ceux de celle que nous avons étudiée.

*Essais.* — Les essais faits jusqu'à présent sur les générateurs Babcock et Wilcox sont extrêmement nombreux.

Il nous paraît intéressant de donner le compte-rendu de quelques-uns de ces essais avec le détail des constatations qu'on y a pu faire.

1<sup>o</sup> Essai fait sur une batterie de 3 chaudières à la papeterie de M. Paul Varin à Jeand'heurs (France).

Cette expérience a été faite les 7 et 8 mai 1888 par M. Henry Lambert, directeur de l'Association des propriétaires d'appareils à vapeur du Nord-Est.

Durée de l'essai (8 mai) . . . . .	10 <sup>h</sup> , $\frac{1}{2}$
Pression moyenne en kilogrammes . . . . .	7
Température moyenne de l'eau d'alimentation. . . . .	12°
Poids brut de charbon brûlé . . . . .	3776 kg.

Teneur en humidité de la houille 5 % . . . . .	188,8
Cendres et mâchefers . . . . .	558,97
Charbon net. . . . .	3028,23
Eau vaporisée . . . . .	31908 kg.
ou par m. c. de surface de chauffe et par heure . . .	17 kg., 5
et par kg. de charbon brut . . . . .	8 ,45

2° Essais faits sur des chaudières Babcock et Wilcox en service à la station centrale d'électricité de la *Imperial Continental Gas Association* à Vienne.

Durée de l'essai en heures . . . . .	6
Nombre de chaudières essayées . . . . .	2
Surface totale de chauffe pour les deux chaudières, en mètres carrés . . . . .	262
Surface totale de grille. . . . .	5,88
Poids total de coke brûlé . . . . .	2554 kg.
Coke brûlé par heure. . . . .	425,7
Eau vaporisée, poids total. . . . .	25668
— — par heure . . . . .	4278
— — — et par mètre carré de surface de chauffe. . . . .	16,32
Eau vaporisée par kilog. de coke. . . . .	10,05
Pression moyenne en atmosphères . . . . .	9,75

Analyse chimique du coke employé.

Sur cent parties on a trouvé :

Carbone pur. . . . .	90,16
Hydrogène . . . . .	0,31
Azote . . . . .	Traces
Eau . . . . .	0,47
Soufre. . . . .	0,31
Cendres . . . . .	7,43

Cette composition donne pour la puissance calorifique du coke employé un nombre de calories de 7326,1.

En tenant compte de la perte de calorifique due à la non combustion du carbone que renferme le résidu et à l'humidité du coke on arrive à la constatation suivante:

Calories utilisées. . . . .	5803,5	soit. . . . .	79,21%
Calories perdues. . . . .	1522,6	— . . . . .	20,79
Totaux. . . . .	7326,1		100

Les calories perdues se répartissent ainsi :

1° Evacuation des gaz chauds par la cheminée.	1133,7	soit 15,47%
2° Combustion incomplète (Perte par le cendrier). . . . .	6,5	0,88
3° Perte par conductibilité et rayonnement. . . . .	382,4	4,44
Totaux . . . . .	1522,6	100 »

Dans tous les essais de vaporisation qui ont été faits sur les générateurs Babcock et Wilcox, la mesure des qualités économiques des appareils a été donnée par la production de vapeur par kg. de combustible. C'est d'ailleurs la marche ordinaire de toute expérience. Mais encore faut-il pour comparer entre eux deux générateurs différents, employer la même qualité de charbon, alimenter avec de l'eau au même degré de température et distribuer la vapeur à la même pression. Toutes ces conditions étant pratiquement irréalisables, on est convenu d'adopter une base générale permettant de concilier et de comparer des essais faits dans des conditions de fonctionnement toutes différentes.

Cette base qu'on désigne sous le nom d'équivalent de vaporisation n'est autre que le nombre de kilogrammes d'eau supposée prise à 100 degrés centigrades et vaporisée à cette même température sous la pression atmosphérique, par chaque kilogramme de combustible.

Dans une constatation de ce genre, il est essentiel de prendre comme kilogramme de combustible le poids d'une quantité de charbon dont on a déduit le poids des cendres recueillies.

Si E est l'équivalent de vaporisation cherché,

V la vaporisation constatée par kilogramme de combustible,

T la température de la vapeur correspondant à la pression de marche pendant l'expérience.

t la température de l'eau d'alimentation ;

Chacun sait que la valeur de E sera donnée par la formule empirique de la chaleur totale de vaporisation :

$$E = V \frac{606,5 + 0,305 (T-t)}{536,5}$$

A l'Exposition du Centenaire de l'Indépendance des Etats-Unis, tenue à Philadelphie en 1876, on fit des essais comparatifs très précis sur toutes les chaudières en fonctionnement. Il est juste de noter que ces essais donnèrent en faveur des chaudières Babcock des résultats très concluants. Les générateurs Smith, Loc, Root, Formenich, Galloway et Kelly ne venaient qu'après, en considération du coefficient de vaporisation dont nous venons de dire quelques mots.

## GÉNÉRATEURS DE VAPEUR

## (Système Fontaine)

(Pl. 17 à 20).

Le premier groupe des générateurs alimentant le Palais des machines était formé par la réunion de deux générateurs de types différents. Celui de la maison L. Fontaine, de la Madeleine-lez-Lille (Nord) et celui de M. Dulac, que nous avons examiné au commencement de cette étude.

Chacun de ces deux générateurs avait à fournir une quantité minima de 1,000 kilogrammes de vapeur sèche, d'après les termes des marchés passés entre les deux constructeurs et l'administration de l'Exposition. Cette quantité de vapeur qui devait être de 1,000 kilogrammes seulement dut, en présence des besoins impérieux du service du Palais des Machines être portée presque au double et parfois au delà du double d'elle-même. — On conçoit que dans ces conditions spéciales, il était urgent d'avoir à sa disposition des appareils présentant la plus grande élasticité de production tout en conservant les qualités exigées de la vapeur produite.

La maison Fontaine a assuré la moitié du service de la vapeur du premier groupe au moyen d'un générateur semi-tubulaire de son système. Ce générateur était à deux bouilleurs et à réservoir de vapeur. Un récupérateur de chaleur était adjoint à l'installation pour utiliser le calorique des gaz perdus en échauffant l'eau d'alimentation.

L'installation faite par la maison Fontaine était renfermée dans un chalet situé derrière le Palais des Machines, dans la cour de la force motrice. Le générateur Fontaine a pu fournir jusqu'à 2,200 kilogrammes de vapeur à l'heure. Ce chiffre a été constaté dans l'essai auquel a fait procéder l'administration de l'Exposition, en exécution des termes du Cahier des charges adopté par le fournisseur. Dans ces conditions de production, la vapeur conservait une pression moyenne de 9 kilogrammes. Elle était échappée à la conduite générale et alimentait seule les machines motrices de M. de Quillacq, de MM. Casse et fils et de MM. Buffaud et Robatel.

La planche insérée dans l'atlas correspondant au présent fascicule représente les différentes dispositions adoptées dans l'appareil.

La surface de chauffe du générateur considéré était de 100 mètres carrés et son volume d'eau en marche normale, de 9,000 litres. Cette dernière condition était à elle seule une garantie suffisante de la régularité de la marche et de celle de la pression au manomètre.

Le corps de chaudière possédait 54 tubes de 100 millimètres de diamètre extérieur et de 3 millimètres et demi d'épaisseur.

Le dôme de vapeur ordinairement employé dans ces sortes de chaudières et placé sur le corps cylindrique même avait été à cette occasion remplacé par un réservoir sécheur de vapeur de 800 millimètres de diamètre sur 3<sup>m</sup>,200 de longueur.

Ce générateur était entièrement construit en acier doux de Denain. L'emploi de la fonte en avait été exclu d'une manière absolue. Les tampons des bouilleurs qui, d'ordinaire, se fabriquent en fonte avaient été remplacés par des fonds en acier, emboutis, avec rebord intérieur saillant et parfaitement dressé. Cette disposition donnait au trou d'homme une rigidité absolue et permettait l'emploi de portes autoclaves de dimensions assez fortes.

Il était d'ailleurs posé en principe dans la construction de la chaudière Fontaine que les joints devaient avoir toutes leurs faces dressées au tour afin d'être faciles à faire, durables et d'une étanchéité absolue.

Il est à remarquer que les rivures longitudinales des bouilleurs ont été remontrées au-dessus du plan diamétral horizontal de ces bouilleurs. Ce dispositif fait que les rivures sont à l'abri des coups de feu et des corrosions et qu'elles peuvent être éventuellement soumises à un matage sans qu'il soit besoin de toucher à la maçonnerie.

Les bouilleurs sont terminés à l'arrière et à l'avant par des fonds emboutis en tôle d'acier. Ces fonds présentent des trous d'hommes qui facilitent l'accès intérieur de la lumière et par suite les visites et les nettoyages que tout conducteur intelligent doit faire à intervalles aussi rapprochés que possible.

Sans même entrer dans les corps de bouilleurs il devient possible de faire de l'extérieur une visite complète et de se rendre compte de l'état de propreté dans lequel l'appareil est tenu.

L'alimentation se fait à l'arrière dans les bouilleurs au moyen d'une pompe spéciale. Toutefois l'eau d'alimentation, entre la pompe et la chaudière est forcée de traverser le système de tubes du récupérateur de chaleur.

Les gaz provenant de la combustion, à la sortie des carneaux de la chaudière sont dirigés sur les tubes de ce récupérateur qui élèvent de 15 à 80 degrés la température de l'eau d'alimentation. Les gaz s'échappent ainsi à la base de la cheminée à 150 degrés environ.

Le nettoyage extérieur des tubes se fait à la vapeur au moyen d'une lance que l'on introduit dans le corps cylindrique. Leur nettoyage intérieur se fait à l'aide d'un grattoir en acier formé de lames flexibles faisant ressorts.

La conduite et l'entretien de la chaudière Fontaine sont extrêmement faciles. Un chauffeur, même inexpérimenté, est rapidement au courant des soins qu'elle exige.

Son démontage est facilité par une série de dispositions de détails sur lesquelles

il serait long de s'arrêter ici et qui en font l'un des appareils les plus pratiques pour les installations à terre.

La construction du générateur Fontaine est très soignée et fait l'objet d'une partie toute spéciale dans les ateliers de la Madeleine. Les matériaux employés sont éprouvés avec toute la précision désirable avant leur emploi. Le découpage et le cintrage des tôles sont faits au moyen de machines spéciales, les rivures sont également l'objet de soins tout particuliers ; enfin les trous dans les plaques tubulaires sont percés non à la machine et à l'outil ordinaire, mais bien à la radiale et au moyen de la mèche américaine, ce qui est un gage de la précision avec laquelle les dessins peuvent être suivis et une garantie sérieuse de la bonne confection des joints.

Le générateur Fontaine qui était en activité à l'Exposition a été mis en marche dès l'ouverture de l'Exposition et pendant 20 jours, il a dû faire seul le service du groupe par suite de retards apportés à l'achèvement des travaux de l'installation de M. Dulac.

Il est de notre devoir d'ajouter que les services du générateur Fontaine ont été de tous points satisfaisants et cette appréciation est suffisamment motivée quand on se rend compte des difficultés du service à assurer par lui.

Le générateur était relié à la canalisation générale de vapeur, établie pour le premier groupe, au moyen d'une conduite spéciale en fer de 100 millimètres de diamètre et de 70 mètres de longueur environ. Cette conduite particulière ainsi que la portion de conduite générale établie par les soins de la maison Fontaine, étaient recouvertes d'un enduit isolant empêchant la déperdition du calorique dans les galeries souterraines du Palais des Machines.

L'installation de ces conduites était complétée par l'adjonction sur certains points de leur parcours de robinets de purge automatiques et de joints de dilatation à presse-étoupes.

La canalisation entière était maintenue à la partie latérale des galeries souterraines et fixée aux murs de ces galeries au moyen de supports en fer et de colliers à boulons.

Le service du générateur Fontaine s'est continué jusqu'au jour de la clôture de l'Exposition, sans autres interruptions que les journées d'arrêt auxquelles donnaient droit les règlements du service mécanique et électrique à tous les fournisseurs de vapeur.

La maison Fontaine, en outre du générateur en activité qu'elle exposait dans son pavillon, avait groupé dans ce même pavillon les plans d'installations de plusieurs applications intéressantes de ses appareils. C'étaient des modèles de chaudières de construction très courante dans les ateliers et très répandues dans sa clientèle.

Une des planches de notre atlas représente une chaudière à deux bouilleurs, installée avec trois réchauffeurs latéraux. Ce système est répandu surtout dans

le nord de la France où les industriels l'ont adopté pour les installations à terre à cause de sa simplicité, de sa durée, de sa facilité de nettoyage et aussi de ses qualités économiques.

Dans cette disposition les rapports entre les volumes d'eau et de vapeur et la surface de chauffe sont des chiffres relativement élevés. La stabilité manométrique est donc très grande ; la marche atteint par cela même une régularité remarquable.

De plus, les gaz de la combustion avant d'arriver à la cheminée ont à faire un assez long parcours en léchant les parois de tous les bouilleurs et celles des réchauffeurs ; par conséquent leur calorique est aussi bien utilisé que possible.

Les générateurs de ce système sont quelquefois montés sans réchauffeurs ; il est évident que l'économie réalisée sur la consommation du combustible est moins grande dans ce dernier cas. La maison Fontaine en a cependant fait de nombreuses applications. Le seul reproche que l'on puisse faire à la chaudière à deux bouilleurs et trois réchauffeurs latéraux est d'occuper beaucoup trop de place et d'exiger un cube de maçonnerie considérable relativement à la surface de chauffe. De plus, le grand diamètre du corps supérieur de la chaudière fait qu'on craint de marcher à de hautes pressions.

Pour parer à ces inconvénients, la maison Fontaine a imaginé une disposition plus avantageuse à tous les points de vue et a construit la chaudière représentée dans l'atlas.

Cette chaudière est constituée par un nombre variable d'éléments semblables. Chacun de ces éléments est formé lui-même de deux bouilleurs coniques et d'un corps supérieur cylindrique d'un diamètre un peu plus grand. Les bouilleurs et le corps de chaudière sont réunis entre eux au moyen de grosses communications en tôle pour la circulation de l'eau et le dégagement de la vapeur.

Ces éléments, en nombre quelconque, sont reliés à la canalisation générale et peuvent être montés avec ou sans réchauffeurs latéraux.

Le chauffage s'effectue au moyen d'un ou de plusieurs foyers, suivant la largeur qui correspond à l'installation.

Ce chauffage est fait en travers des bouilleurs ; les gaz de la combustion sont obligés de parcourir de grandes chambres séparées par des cloisons verticales en maçonnerie ; de plus, des pièces réfractaires ajourées, sont disposées sur et entre les bouilleurs et mélangent les gaz qui abandonnent ainsi tout le calorique utilisable.

Ces blocs réfractaires ont une forme spéciale qui fait que les gaz suivent une route bien déterminée ; ces gaz sont forcés de lécher la surface de tous les bouilleurs et de frapper perpendiculairement les bouilleurs supérieurs, ce qui augmente considérablement l'efficacité de ces derniers organes.

Les diverses dispositions que nous venons de signaler ont pour effet de mé-

langer les gaz d'une façon parfaite et de favoriser leur parfaite combustion. Ils arrivent au registre avec une température de 250 degrés environ.

Avec un semblable générateur, des essais ont montré que la vaporisation pouvait atteindre en marche normale 25 à 30 kilogrammes par heure et par mètre carré de surface de chauffe. A tirage forcé cette vaporisation peut être portée à 40 kilogrammes.

La maçonnerie du fourneau est, dans ce type de chaudière, notablement diminuée. Elle se réduit à deux murs verticaux à droite et à gauche de l'appareil et à un remplissage de la partie supérieure des corps cylindriques. L'examen de la planche où cette chaudière est représentée indique suffisamment les avantages présentés par le type considéré.

La chaudière à éléments de bouilleurs est plus simple que la chaudière à bouilleurs ordinaire, elle est d'une construction plus facile, moins coûteuse, et possède la même stabilité manométrique. Son timbre peut être porté à 16 kilogrammes ce qui est difficile avec les corps cylindriques de grand diamètre. Un homme peut pénétrer dans toutes ses parties intérieures et extérieures; la visite, le nettoyage et l'entretien courant sont des moins compliqués.

Le type que nous venons de décrire a reçu dans les usines du Nord de la France de nombreuses applications. Ce résultat n'étonne pas, quand on connaît la nature des études faites dans cette voie par la maison Fontaine et les soins qu'elle apporte dans la construction de ses appareils.

Le degré de perfection de cette construction était mis en évidence dans le Palais des Machines (classe 52) où une chaudière Fontaine à l'état inerte était exposée. Les dispositions principales de cette chaudière sont reproduites dans une planche de l'atlas.

Le générateur Fontaine exposé classe 52, était du système semi-tubulaire à bouilleurs. Il était exposé pour montrer la perfection de la préparation et du travail de chaudronnerie dans les ateliers de la Madeleine. L'appareil était entièrement nu, parfaitement nettoyé et sans aucune couche de peinture; on pouvait donc se rendre un compte aussi exact que possible de la précision avec laquelle le travail avait été fait.

Les tôles étaient assemblées au moyen de quelques rivets seulement, de manière à laisser voir la parfaite concordance des trous ménagés pour les autres rivets. Le travail préparatoire, absolument irréprochable, pouvait être ainsi examiné d'une manière complète. On conçoit quelles sont les garanties offertes par la construction de la maison Fontaine, quand on considère l'importance du travail préparatoire dans la chaudronnerie et qu'on est dans l'occasion de vérifier la perfection de ce travail comme on en avait la facilité, classe 52.

L'emboutissage des fonds et le rabattement du milieu pour former les trous d'homme, étaient particulièrement réussis; les portes autoclaves étaient en tôle, d'un modèle spécial, très légères et cependant d'une rigidité à toute épreuve.

Les communications étaient soudées d'une manière parfaite. La soudure était complètement invisible ; le rabattement des bords était fait très régulièrement et le rivetage avec le corps cylindrique et les bouilleurs était soigné d'une façon particulière.

Les rivets qui assemblaient les tôles montraient par leur régularité et leur serrage qu'à ce point de vue encore le travail était parfait.

Le sécheur de vapeur réuni à la partie supérieure du corps de chaudière par deux communications en tôle d'acier doux, était formé comme les autres parties de la chaudière, de deux tôles réunies par des couvre-joints et assemblées à quatre rangs de rivets.

Le corps de chaudière proprement dit était garni en partie par des tubes de 100 millimètres de diamètre extérieur emmanchés par le système Bérendorf. Les trous et les tubes étaient calibrés d'une façon parfaite.

En résumé, il est juste de dire que par l'exposition de cette chaudière en préparation, la maison Fontaine a prouvé qu'elle était en mesure d'aborder tout travail de chaudronnerie, si précis qu'il fût ; nous aimons à ajouter que ce travail était absolument unique et qu'il a été remarqué et apprécié à bon droit.

Nous donnons dans une planche de l'atlas, le dessin d'une petite chaudière de chaloupe, construite par la maison Fontaine et exposée par elle dans la classe 52 (Palais des Machines) à côté de la chaudière semi-tubulaire en préparation, dont nous venons de dire quelques mots.

Ce petit générateur est à foyer intérieur et à retour de flammes à l'avant. Un ballon de vapeur surmonte le corps de chaudière.

L'appareil est entièrement construit en acier. Il est remarquable par sa légèreté, le fini de son exécution et par une série de dispositions spéciales sur lesquelles nous ne nous arrêterons pas.

Cette chaudière, spécialement destinée à un petit bateau de plaisance, avait une surface de chauffe totale de 14 mètres carrés ; elle était timbrée à 6 kilogs, mais la maison Fontaine en construit pour des puissances supérieures et qui peuvent marcher à 8, 10 et 12 kilogs.

Après l'examen des différents types de chaudières qui font l'objet de la construction courante de la maison Fontaine, il est intéressant de décrire deux appareils accessoires de chaudières, de son système, et construits par elle.

Ces deux appareils sont :

1° Le régulateur-indicateur automatique du niveau de l'eau dans les générateurs.

2° Le clapet automatique d'arrêt de vapeur.

Le premier de ces appareils a pour but de maintenir l'eau à un niveau constant dans les chaudières à vapeur. Il a le précieux avantage de permettre une alimentation continue ce qui est toujours préférable pour la bonne marche d'un appareil générateur.

Le régulateur indicateur automatique évite les grandes variations du niveau qui, parfois, s'abaisse dans des proportions dangereuses pour la sécurité générale, ou monte de telle façon qu'il provoque souvent des entraînements d'eau à la machine.

Il empêche les chutes de pression qui sont toujours le résultat d'une alimentation brusque et abondante, puisque la vapeur est remplacée non d'un seul coup mais au fur et à mesure de sa production et de sa consommation.

L'emploi du régulateur de la maison Fontaine donne donc à l'ensemble de la chaudière et de la machine motrice la plus grande sécurité et assure aux deux organes la régularité de marche la plus complète.

Il résulte évidemment de ces considérations, une très notable économie de combustible et une stabilité précieuse de pression pour le générateur.

Le régulateur de la maison Fontaine a, en outre de ces premiers avantages, celui non moins appréciable d'être un très bon indicateur de niveau d'eau. Une aiguille placée extérieurement en face d'un cadran gradué, indique d'une façon constante la hauteur de l'eau et dans le cas d'un arrêt accidentel de la pompe alimentaire ou d'une avarie quelconque entraînant la suppression de l'alimentation, un sifflet d'alarme appelle l'attention du chauffeur ou du surveillant de la chaudière.

*Description et fonctionnement.* — L'appareil représenté dans l'atlas se compose d'une tubulure verticale portant une double boîte B qui renferme le mécanisme commandant une soupape spéciale, équilibrée, reliée à la tige du flotteur C. Si le niveau baisse au-dessous de la ligne moyenne, le flotteur descend également, et la soupape équilibrée se soulève sur son siège en laissant passer l'eau d'alimentation de D en E et ensuite à la chaudière.

Si, au contraire, le niveau remonte, le flotteur remonte également et la soupape interrompt toute communication. L'eau refoulée retourne alors dans la bêche d'alimentation par la soupape placée sur le tuyau d'alimentation.

Tous les organes de cet appareil sont très simples, solides, faciles à tenir en bon état, même avec les eaux les plus incrustantes.

La maison Fontaine construit cet intéressant appareil accessoire de chaudières, même pour les chaudières qui ne sortent pas de ses ateliers. Les éléments dont elle réclame seulement la connaissance sont :

- 1° Le diamètre de la chaudière sur laquelle l'appareil doit être monté.
- 2° La distance du dessus de la chaudière au niveau normal.
- 3° La force en chevaux à développer ou la surface de chauffe totale du générateur.
- 4° Le timbre.
- 5° Le diamètre intérieur du tuyau d'alimentation.

*Clapet automatique d'arrêt de vapeur.* — On sait que lorsque plusieurs chaudières sont établies en batterie, c'est-à-dire fournissent la vapeur dans la

même canalisation générale, ou qu'elles évacuent cette vapeur dans le même collecteur, si l'une d'elles ou le collecteur font explosion, il peut se produire un accident redoutable. On se trouve en effet, en face d'une vidange spontanée des autres chaudières de la batterie et il est impossible de songer à aller fermer les valves de prises de vapeur de ces chaudières. De là souvent des accidents graves venant se greffer sur le premier.

Pour atténuer la gravité de ces sortes de sinistres, le décret du 29 Juin 1889 prescrit d'isoler les chaudières au moyen de clapets de retenue automatiques. La présence de ces clapets est exigée seulement pour certains cas où le volume en mètres cubes des chaudières réunies, multiplié par l'excès de la température de la vapeur produite sur 100 degrés forme un produit égal ou supérieur à 1800.

Les clapets automatiques d'arrêt de vapeur sont de systèmes très différents et il est peu de maisons sérieuses qui n'ait étudié pour leur compte un ou plusieurs de ces appareils.

La maison Fontaine en construit un qu'il nous semble utile de décrire dans ses détails.

Les dessins insérés dans le texte de cette note, représentent un appareil qui remplit parfaitement et simplement les conditions imposées par le décret du 28 Juin.

Il se compose, comme on le voit, d'une boîte A fermée à la partie supérieure par un couvercle B qui porte un axe O, sur lequel est calée la bielle E. A l'extrémité du levier E, se trouve suspendu un obturateur C, qui peut tourner partiellement autour de deux points O et F. Par suite de ce double mouvement, l'obturateur peut s'appliquer parfaitement sur les sièges, d'un côté ou de l'autre et assurer une bonne fermeture de l'appareil.

L'axe O se termine à l'extérieur par une pièce carrée sur laquelle est fixé un secteur G.

Cette dernière pièce porte un taquet de chaque côté et deux rainures dans lesquelles s'engagent les extrémités de deux leviers K et K' à contre-poids, qui reposent sur deux supports J et permettent de rendre l'appareil très sensible.

*Fonctionnement du clapet.* — Si la vapeur vient par  $x$ , elle frappe sur la face de l'obturateur ; le talon du secteur vient le mettre en contact avec le levier K, la vapeur passe autour du disque et se rend à destination. En cas d'accident, la vitesse de la vapeur devient plus grande ; elle est même telle que la poussée sur le disque produit la fermeture après avoir vaincu la résistance opposée par le contre-poids S qui prend alors la position S''.

Par cette combinaison, les chances d'accident sont évitées. On peut dire qu'elles le sont d'une manière simple et sûre. L'appareil est, comme la figure le montre, à double effet, c'est-à-dire qu'il peut être disposé d'une manière quelconque sur la conduite de prise de vapeur. Si la vapeur venant de la chaudière arrive par la tubulure  $y$  au lieu d'arriver par la tubulure  $x$ , la fermeture se produit du

côté  $x$  de la même façon que dans le premier cas et le même résultat est atteint.

On voit qu'il est facile de régler le clapet, comme une soupape de sûreté ordinaire, pour une dépression ou pour une augmentation de vitesse de la vapeur données. Il suffit pour opérer ce réglage, de disposer les poids à la distance nécessaire sur les leviers.

Tous les organes intérieurs du clapet de retenue que nous venons de décrire sont d'un entretien presque nul. Leur fonctionnement est toujours assuré à cause de leur extrême mobilité et le résultat est toujours atteint d'une manière parfaite, à cause du fini de leur exécution.

La maison Fontaine construit ce système de clapet automatique d'arrêt de vapeur pour tous les diamètres d'orifices d'arrivée.

La question du réglage est à résoudre par celui qui fait l'installation de l'appareil. Elle n'est, comme nous l'avons vu, ni difficile ni compliquée.

Telle est la série des appareils et des organes accessoires les plus intéressants, construits par la maison Fontaine. Cette courte énumération suffit à mettre en relief les soins tout particuliers que l'atelier de la Madeleine apporte à la construction de ses générateurs et de tout ce qui en dépend.

On verra plus loin, dans cet ouvrage, la description des appareils de distillerie étudiés et construits par la même maison. Ce seront alors, au sujet de l'exécution les mêmes remarques, les mêmes conclusions que celles qui viennent d'être faites ici.

Nous ne pouvons nous dispenser d'ajouter, avant de terminer, cet exposé sommaire, que la maison Fontaine, l'une des plus anciennes de France, (puisqu'elle date de 1832) s'est révélée à l'Exposition de 1889, comme possédant les moyens d'action les plus précieux. Nous aimons à faire cette constatation et nous en reportons tout le mérite à l'esprit de méthode qui a toujours présidé à la marche des ateliers de la Madeleine et de Roubaix.

---

## GÉNÉRATEUR DE VAPEUR

(Système de la Compagnie de Fives-Lille)

(Pl. 21-22).

---

La Compagnie de Fives-Lille expose dans un pavillon spécial, construit par elle en commun avec la Société Centrale de Pantin, un générateur semi-tubulaire à foyer intérieur amovible et à réservoir supérieur de vapeur.

Ce générateur étudié spécialement par la Compagnie de Fives-Lille en vue de ses installations d'usines élévatoires ou de machineries hydrauliques, sert, dans le cas que nous citons à alimenter de vapeur la machine motrice construite par les mêmes usines et exposée dans l'enceinte de la classe 52, dans le Palais des Machines.

C'est d'ailleurs, dans la fourniture générale de la vapeur au Palais des Machines, le seul exemple d'un générateur alimentant une seule machine motrice. La raison en est que la Compagnie de Fives-Lille, en participant à cette fourniture générale, a voulu faire sur ses appareils, une expérience de six mois. Les résultats de cette longue étude sur une même installation, sont fort probants, en ce qui touche l'économie de la machine motrice. Ils seront d'ailleurs consignés plus loin dans cet ouvrage.

La Compagnie de Fives-Lille installe des générateurs du type exposé par elle dans son pavillon, dans les cas où la vapeur doit être produite aussi économiquement que possible, et avec une grande stabilité de pression.

Le générateur dans ses détails, est constitué de la manière suivante :

Il comprend une capacité inférieure cylindrique comprenant le foyer, dont la chambre est également cylindrique, mais qui n'occupe qu'une partie de sa longueur vers l'avant. Vers l'arrière se trouve un faisceau de tubes assemblés à joints coniques (système démontable Bérendorf) entre deux plaques tubulaires dont l'une constitue le fond de la chambre du foyer et l'autre le fond du corps cylindrique lui-même.

La capacité supérieure cylindrique remplissant le rôle de réservoir d'eau et de vapeur est reliée au corps inférieur par trois communications cylindriques placées dans l'axe de l'appareil, une en avant, une seconde au milieu et l'autre à l'arrière.

L'ensemble de l'appareil est renfermé dans un fourneau en briques qui ne laisse qu'un faible espace libre entre ses parois et celles de la chambre.

Un dôme de grand diamètre (qui peut être démonté pour le transport du générateur) est établi vers le milieu de la longueur du corps supérieur, et porte

les soupapes de sûreté ainsi que les tubulures de prises de vapeur. Un autre appendice horizontal, prolonge ce même réservoir sur la façade du fourneau pour l'établissement des indicateurs de niveau d'eau et des robinets d'épreuve.

La chambre du foyer présente une disposition spéciale en vue du nettoyage : elle fait corps avec le fond embouti de la capacité inférieure formant la façade et s'assemble sur la paroi cylindrique au moyen d'une forte cornière dressée, sur laquelle se fait le joint avec des boulons constamment accessibles. Deux rails dressés et placés à l'intérieur de la chaudière reçoivent des oreilles fixées au foyer et permettent de le glisser lorsqu'on veut l'amener à l'extérieur pour les nettoyages.

Cette opération peut s'exécuter quand on a préalablement démonté le faisceau tubulaire, maintenu par une contre-plaque de butée fixée à l'extérieur à l'extrémité opposée au foyer.

La prise de vapeur est faite dans le réservoir supérieur au moyen d'un tuyau horizontal de grand diamètre percé de petits trous, et qui en occupe toute la longueur; il se raccorde avec la capacité du dôme en faisant joint sur la paroi du générateur, qui n'est pas ouverte en cet endroit, dans le but d'éviter les soulèvements et les entraînements d'eau tumultueux.

L'eau d'alimentation est introduite par une tubulure avec clapet de retenue placée également sur le corps supérieur et prolongée intérieurement par un tuyau dont l'extrémité recourbée est dirigée le long des tubes supérieurs du faisceau tubulaire.

La vidange est placée au bas du corps inférieur, vers l'arrière, et se fait par un robinet placé en dehors du fourneau.

Les indications relatives au niveau de l'eau sont contrôlées par un indicateur magnétique à flotteur situé vers l'avant du réservoir supérieur; un diaphragme incliné, placé en avant de la première communication, isole cet appareil des remous produits par la vaporisation.

La circulation des flammes et des gaz du foyer a lieu d'abord dans la partie intérieure du corps cylindrique, entre l'autel et la plaque tubulaire, puis dans les tubes, et ensuite en retour, par l'espace compris entre l'extérieur du générateur et les parois du fourneau en briques, jusqu'au caniveau de départ à la cheminée dont le raccordement dirigé vers le bas est auprès de la façade dans l'axe de l'appareil.

Ce conduit est muni d'un registre que le chauffeur peut actionner depuis la façade. Le cendrier est muni d'une porte à crémaillère, qui permet également de régler l'intensité de la combustion sur la grille.

Le générateur exposé par la Compagnie de Fives-Lille est destiné à compléter l'installation de trois autres semblables, dont deux sont déjà en fonctionnement, depuis 1887, à la machinerie centrale du Pont-Cardinet, pour l'outillage hydraulique des gares de la Compagnie des chemins de fer de l'Ouest.

Il est timbré à 9 kilogrammes, et comporte des épaisseurs de tôles assez considérables, notamment celle du corps cylindrique inférieur, qui est de 15 millimètres, et celle du corps du foyer, qui est de 20 millimètres.

Les conditions générales d'établissement et les caractéristiques principales de ce générateur sont les suivantes :

Diamètre moyen du corps cylindrique inférieur . . . . .	1 <sup>m</sup> ,300
id. id. id. du foyer . . . . .	1 <sup>m</sup> ,060
id. id. id. supérieur. . . . .	0 <sup>m</sup> ,800
id. des tubes. . . . .	0 <sup>m</sup> ,070
Nombre des tubes . . . . .	73
Surface de chauffe du foyer . . . . .	6 <sup>m</sup> <sup>2</sup> ,500
id. id. des tubes . . . . .	53 <sup>m</sup> <sup>2</sup> ,600
id. id. extérieure. . . . .	32 <sup>m</sup> <sup>2</sup> ,400
id. id. totale . . . . .	92 <sup>m</sup> <sup>2</sup> ,500
Volume de vapeur au niveau moyen. . . . .	1 <sup>m</sup> <sup>3</sup> ,920
id. d'eau. . . . .	6 <sup>m</sup> <sup>3</sup> ,260
id. total intérieur. . . . .	8 <sup>m</sup> <sup>3</sup> ,180
Timbre . . . . .	9 kilog.
Surface maximum de la grille . . . . .	1 <sup>m</sup> <sup>2</sup> ,570
id. réduite pour la marche à l'Exposition . . . . .	1 <sup>m</sup> <sup>2</sup> ,000

Nous pouvons ajouter qu'une partie de l'alimentation du générateur était faite au moyen du retour de l'eau de condensation de la machine motrice. On comprend qu'il résultait de cette disposition une notable économie dans la marche des appareils.

Le circuit complet existait en effet entre la machine et la chaudière. L'eau chaude de condensation, recueillie à la machine dans un bac spécial, était envoyée au générateur au moyen d'une petite conduite en fer étiré.

La canalisation posée par la Compagnie de Fives-Lille, pour conduire la vapeur de la chaudière à la machine, était entièrement en fer et d'un diamètre intérieur uniforme de 0<sup>m</sup>,100.

Les services qu'elle a rendus sont restés au-dessus de toute critique pendant les six mois de marche de l'Exposition. A son arrivée à la machine, la conduite de vapeur se terminait par un réservoir en fer de 3 mètres de longueur et de 0<sup>m</sup>,60 de diamètre intérieur. Ce réservoir avait été mis en vue d'assurer l'écoulement constant de l'eau de condensation dans les conduites. Cette eau était expulsée au fur et à mesure de sa production au moyen d'un purgeur automatique spécial qui la renvoyait au tuyau de retour d'eau chaude placé dans la même galerie souterraine.

Bien que le générateur dont nous venons de donner la description ne fit que le service d'une seule machine, la Compagnie de Fives-Lille était tenue, vis-à-vis de l'Administration de l'Exposition, d'assurer une production normale de 620 kilogrammes de vapeur à l'heure.

## GÉNÉRATEURS DE VAPEUR

(Système Conrad Knap & C<sup>o</sup>, à Londres)

---

La maison C<sup>d</sup> Knap, 111, Queen Victoria Street construit dans ses ateliers les différents modèles de la chaudière Root.

La chaudière Root est, comme on sait, l'une des plus anciennes chaudières multitubulaires. Elle se distingue même par une série de dispositions particulières que nous allons examiner. La chaudière Root est très employée, surtout en Angleterre et aux États-Unis, où d'importantes installations en sont pourvues.

La chaudière Root était en activité à l'Exposition Universelle de 1889, dans la cour de la Force motrice. La maison C<sup>d</sup> Knap avait traité avec l'administration de l'Exposition pour la fourniture pendant la durée de l'exploitation d'une partie de la vapeur nécessaire à l'alimentation des machines du Palais.

L'installation faite par MM. C<sup>d</sup> Knap et C<sup>ie</sup> était située à côté de celle de la Compagnie Babcock et Wilcox. Les deux groupes fournissaient la vapeur à la même canalisation générale dans la proportion horaire de 7000 kilogrammes pour la Compagnie Babcock et Wilcox et de 1500 kilogrammes pour la maison C<sup>d</sup> Knap et C<sup>ie</sup>.

Cette dernière avait monté pour les besoins du service, un seul générateur Root de 150 chevaux. Ce générateur avait 105 tubes de 11 pieds de longueur sur 5 pouces de diamètre, soit 3<sup>m</sup>,250 et 125 millimètres et une surface de chauffe totale de 1600 pieds carrés ou 150 mètres carrés. La capacité totale de la chaudière était de 7 mètres cubes, 750.

Les essais faits en mai 1889, en exécution des termes du cahier des charges ont montré que MM. C<sup>d</sup> Knap et C<sup>ie</sup> étaient en mesure de fournir avec le seul générateur en marche une quantité de vapeur sèche évaluée à 3175 kilos. à l'heure, soit plus du double de ce qui leur était demandé.

Cette latitude dans les limites de la production a été, nous devons le dire, assez souvent mise à profit, en raison du service très chargé que le 6<sup>e</sup> groupe devait assurer. L'ensemble des générateurs de la C<sup>ie</sup> Babcock et Wilcox et de la maison C<sup>d</sup> Knap alimentaient en effet : la machine des Forges de l'Homme, la machine de la maison Thomas Powel (Matter et C<sup>ie</sup>) de Rouen, celles de la papeterie

Darblay, d'Essonnes, et des anciens établissements Cail, de la maison Bérendorf fils, à Paris, enfin les deux machines motrices de MM. Davey Paxman et toutes les machines particulières de la section Britannique. Cet ensemble représentait une puissance de mille chevaux environ. Les variations considérables auxquelles il était sujet étaient, sans contredit, l'une des plus grosses difficultés du service du 6<sup>e</sup> groupe de Générateurs.

Toutefois ces séries verticales ne sont pas à collecteurs rigides formés d'une seule boîte en fer. Chaque tube est terminé par une boîte spéciale à l'avant comme à l'arrière et il est serti dans ces boîtes au moyen d'un expasseur.

Chaque boîte est en fonte malléable ou en acier doux. Elle porte sur une face l'ouverture ménagée pour le joint du tube et sur l'autre deux ouvertures circulaires de sections plus petites dans lesquelles doivent être placés les doubles cônes des joints avec les boîtes de communication.

Il est utile d'appeler l'attention sur l'efficacité incontestable des pièces spéciales en fer au moyen desquelles on assure les joints. Ces pièces, entièrement en acier, sont d'une forme qui se prête parfaitement à tous les mouvements du faisceau tubulaire et résistent aux dilatations inégales qui se produisent dans les différents tubes.

Les boîtes de communication sont également en fonte malléable ou en acier doux ; elles présentent un profil demi-circulaire et sont maintenues en position au moyen de quatre boulons à ancre, prenant leur appui dans les boîtes terminales des tubes.

Les boîtes de communication sont construites de telle façon qu'on peut disposer les tubes en quinconce ; cette particularité est surtout avantageuse au point de vue de l'utilisation du calorique des gaz de la combustion.

A la partie inférieure des séries verticales de tubes, les boîtes de communications sont remplacées par de simples bouchons en acier ou en fonte, maintenus chacun par deux boulons à ancre aux boîtes terminales de la rangée de tubes du bas.

A la partie supérieure des séries verticales, on emploie des boîtes de communication spéciales à larges sections de circulation qui établissent le dégagement de la vapeur au collecteur horizontal. C'est par ces dernières boîtes que se dégage la totalité de la vapeur produite par l'élément. Il est donc utile qu'elles présentent la plus large section possible.

Le collecteur horizontal est une capacité cylindrique en fonte, placée transversalement à la partie antérieure et supérieure du faisceau tubulaire incliné. Il porte à ses deux extrémités, une tubulure d'une section égale à la sienne qui le fait communiquer au moyen d'un bout de tube en fer avec le réservoir supérieur d'eau et de vapeur.

Ce réservoir, construit entièrement en tôle d'acier, est à très large section et d'une longueur égale ou supérieure à la largeur du faisceau tubulaire. Sa pré-

sence qui occasionne une augmentation sensible du volume de la chaudière est la cause d'une grande stabilité de pression et d'une régularité de marche appréciable.

Il porte à sa partie supérieure les appareils de sûreté, soupapes et sifflet d'alarme. En avant de ce réservoir, sont placés l'indicateur du niveau d'eau et le manomètre.

La prise de vapeur est en général faite immédiatement sur le réservoir supérieur.

Toutefois dans quelques cas spéciaux où la consommation de vapeur doit être brusque et peu régulière, on interpose entre le réservoir d'eau et de vapeur et la valve de prise un second réservoir de capacité inférieure à celle du premier. Les deux réservoirs sont mis en communication au moyen de deux tubulures à large section. C'est sur le deuxième réservoir, jouant alors le rôle de magasin de vapeur qu'est fait le branchement de prise.

Le grand corps cylindrique porte à sa partie inférieure une tubulure de grand diamètre, correspondant par un large tuyau en fonte à un collecteur de dépôts situé transversalement à la partie postérieure et inférieure du faisceau tubulaire.

La communication est également établie entre le collecteur de dépôts, ou déjecteur, et les différents tubes de la rangée horizontale inférieure au moyen de pièces spéciales en fonte.

A l'une des extrémités et au bas du collecteur, se trouve un robinet à large voie au moyen duquel les boues et les impuretés de toutes sortes sont facilement vidangées.

L'ensemble du faisceau tubulaire et du foyer est renfermé dans une enveloppe en maçonnerie indépendante de la suspension de l'appareil. La chaudière peut être montée entièrement avant qu'il ne soit fait la moindre maçonnerie. Le foyer est construit en briques réfractaires. Il est d'une profondeur moindre que celle du faisceau, mais d'une largeur égale à celle de l'écartement des murs latéraux de la chaudière.

La devanture est entièrement en fonte. Elle présente de larges portes permettant la vitesse et le nettoyage extérieurs du faisceau tubulaire ; à la partie inférieure, les portes du foyer et celles du cendrier.

A l'arrière l'appareil est terminé par une fermeture en tôle dans laquelle sont ménagées les portes pour la visite et le nettoyage.

Bien qu'il n'existe à l'intérieur du faisceau tubulaire aucune construction en briques pour le retour des gaz du foyer, ceux-ci subissent dans la traversée de ce faisceau deux changements de direction. A cet effet, sur la troisième rangée horizontale de tubes est disposée une plaque d'épaisse tôle attachée à la partie antérieure des tubes et laissant le passage des gaz du foyer à la partie postérieure de ces mêmes tubes.

Sur la cinquième ou sur la sixième rangée une même plaque de tôle est disposée en sens inverse, c'est-à-dire laissant aux gaz de la combustion le passage à l'avant. Le carneau conduisant à la cheminée prend naissance à l'arrière de la voûte recouvrant le faisceau tubulaire. Il suit de là que les gaz, avant d'être abandonnés à l'air libre, sont obligés de traverser l'ensemble des tubes dans sa longueur à trois fois différentes. On conçoit ce que cette disposition a d'avantageux d'abord au point de vue de la complète utilisation du calorique des gaz du foyer, ensuite en ce qui concerne la suppression de toute murette en briques au milieu des tubes.

*Fonctionnement.* — Le fonctionnement de la chaudière Root est des plus simples. Il est identique à celui de toute autre chaudière multitubulaire. La circulation de l'eau et de la vapeur s'explique de la même façon que pour les types de générateurs précédemment décrits.

Une disposition intérieure spéciale est à signaler pour le réservoir supérieur d'eau et de vapeur. Nous avons vu que le dégagement de la vapeur du collecteur supérieur dans ce réservoir, se faisait au moyen de deux tubulures à large section à ses extrémités. Pour éviter les remous et par suite les entraînements d'eau dans la vapeur que peuvent provoquer de semblables adductions et les deux courants d'eau qu'elles occasionnent, on a disposé dans la capacité cylindrique du réservoir supérieur des diaphragmes en tôle perforée. Ces diaphragmes sont représentés par les figures qui accompagnent cette note. On peut se rendre compte de leur disposition et du résultat qu'elles produisent.

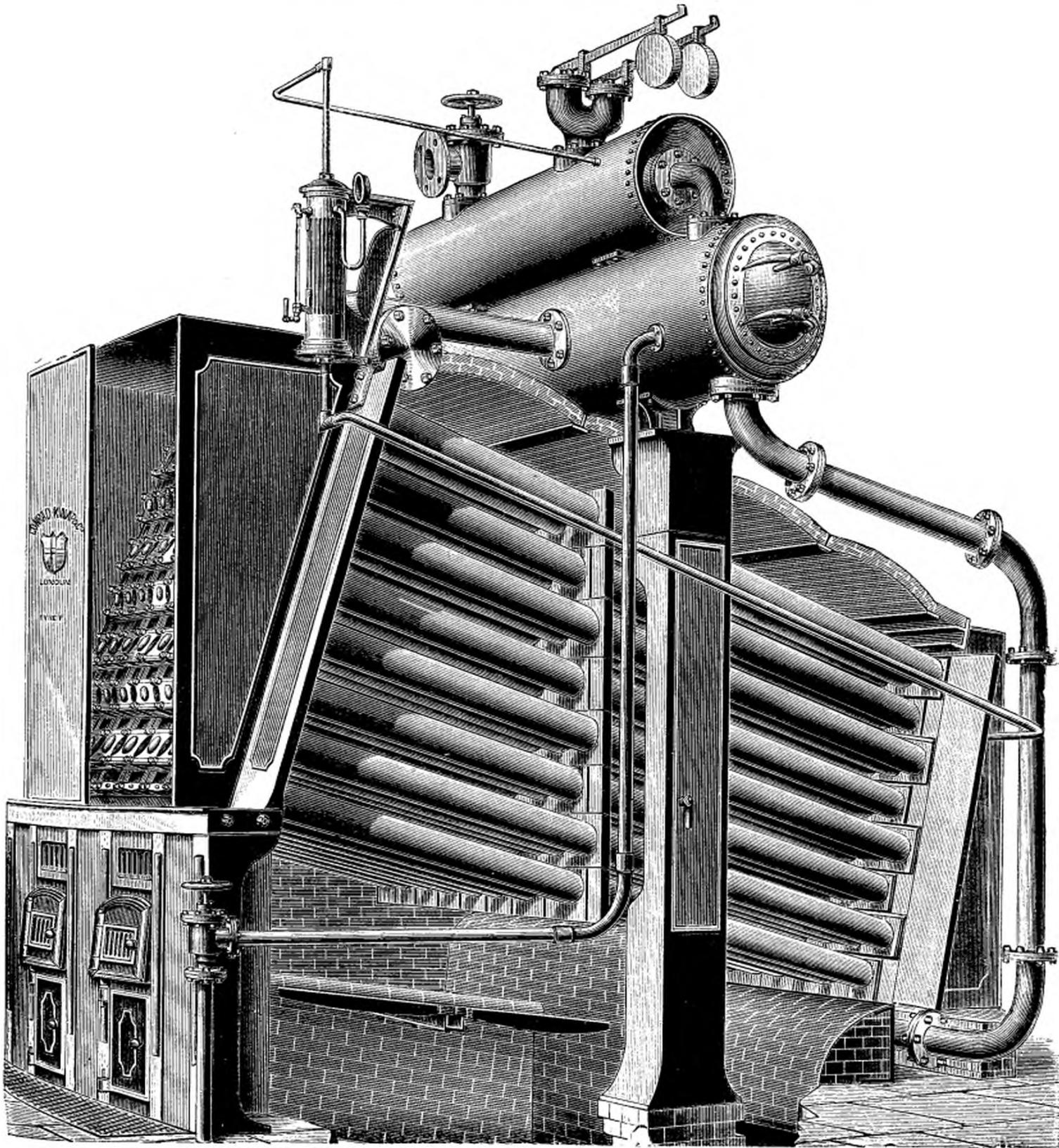
L'alimentation de la chaudière Root se fait par le réservoir supérieur, un peu au-dessous de la ligne de niveau d'eau, au moyen d'une sorte de trompe renversée. Jusqu'à présent, on n'a pas appliqué d'une manière générale le système qui consiste à réchauffer l'eau d'alimentation avant son introduction à la chaudière. Il n'y a que quelques exemples assez rares de réchauffeurs appliqués à des chaudières Root ; il est évident qu'il y a là un défaut auquel il serait utile de remédier.

La maison Ca Knap construit dans ses établissements de Lincoln, City Iron Works, différents types de la chaudière Root.

La chaudière industrielle comprend quatre types principaux.

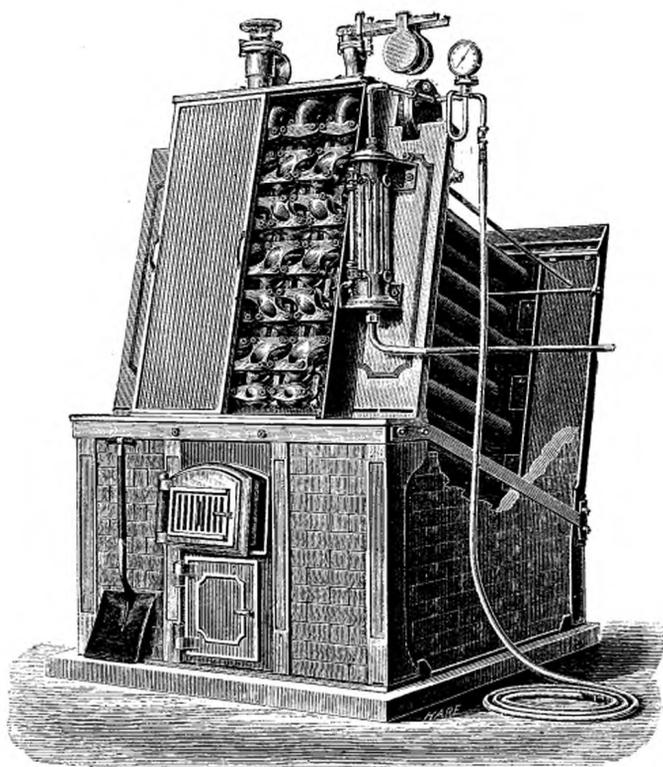
Le type A, pour les petits modèles et pour les installations où l'on exige de la vapeur à haute pression. Dans ce cas les réservoirs du haut sont supprimés, la chaudière se termine à la partie supérieure par le collecteur transversal sur lequel la prise de vapeur est directement faite. Dans ce type le niveau de l'eau est à la hauteur de la deuxième ou de la troisième rangée de tubes à compter du haut du faisceau. La partie antérieure des tubes supérieurs ne contient donc pas d'eau, mais de la vapeur seulement.

Cette vapeur est séchée et même légèrement surchauffée par le passage des gaz en



GÉNÉRATEUR MULTITUBULAIRE, SYSTÈME ROOT, CONSTRUIT PAR MM. CONRAD KNAP ET C<sup>ie</sup>.

troisième circulation et cela sans danger pour les tubes dans lesquels s'effectue cette opération. Les soupapes de sûreté et le manomètre sont alors placés sur le collecteur supérieur. L'indicateur de niveau a son adduction d'eau communiquant par un tube en cuivre au collecteur de dépôts ; l'adduction de vapeur se fait à l'extrémité du collecteur supérieur.



GÉNÉRATEUR, SYSTÈME ROOT, TYPE A

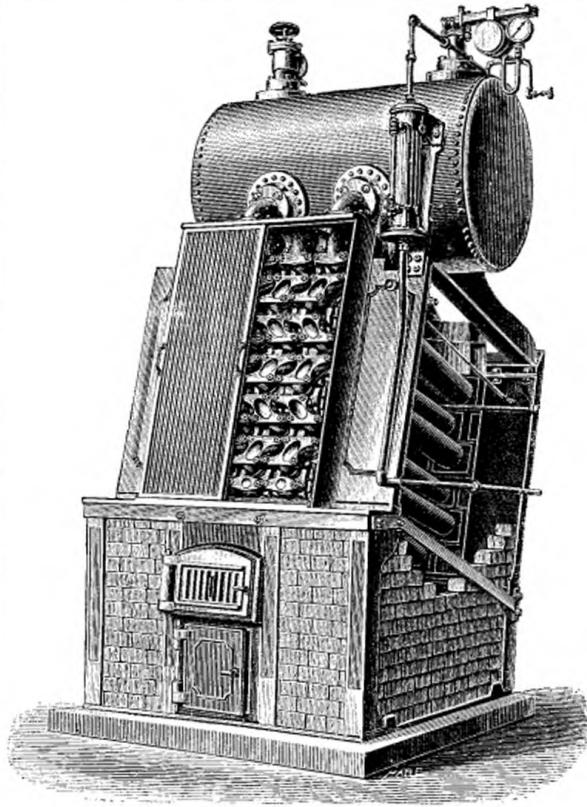
Ce type de chaudière est très employé en Angleterre pour les installations fixes où la place disponible est assez restreinte. Il est d'un rendement très satisfaisant et d'un entretien facile.

Le type C diffère du premier en ce qu'il possède un vaste réservoir d'eau et de vapeur à la partie supérieure. C'est le modèle que nous avons décrit au début de cette note, mais pour les faibles puissances.

Les détails en sont les mêmes que dans le type général. Il n'y a donc pas lieu de s'y arrêter.

Le type E est celui qui présente à la partie supérieure deux réservoirs superposés transversaux à la direction des tubes. Il est représenté dans notre atlas à la planche n° 32. Ce modèle est construit pour les grandes puissances et compte, huit ou douze séries verticales de tubes. Le foyer a alors deux ou trois portes ainsi que le cendrier.

Dans l'appareil de ce modèle que la maison C<sup>d</sup> Knap et C<sup>ie</sup> avait installé à l'Exposition, on comptait douze séries verticales dont onze de neuf tubes et une de six, et trois portes de foyer. L'alimentation se faisait, soit au moyen d'un injecteur, soit au moyen d'un petit cheval alimentaire installé dans le même bâtiment.

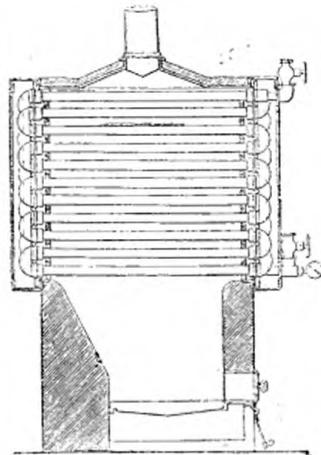


GÉNÉRATEUR, SYSTÈME ROOT, TYPE C.

Le type F, peu répandu, comme nous le faisons remarquer tout à l'heure est celui de la chaudière industrielle à réchauffeur d'eau. Le réchauffeur consiste en un double serpentin formé de tubes en fer superposés et reliés par des boîtes de communication. L'eau d'alimentation introduite dans ce serpentin absorbe une partie de calorique restant aux gaz abandonnés à la sortie du faisceau tubulaire et entre au réservoir supérieur à une température de 80 degrés centigrades environ.

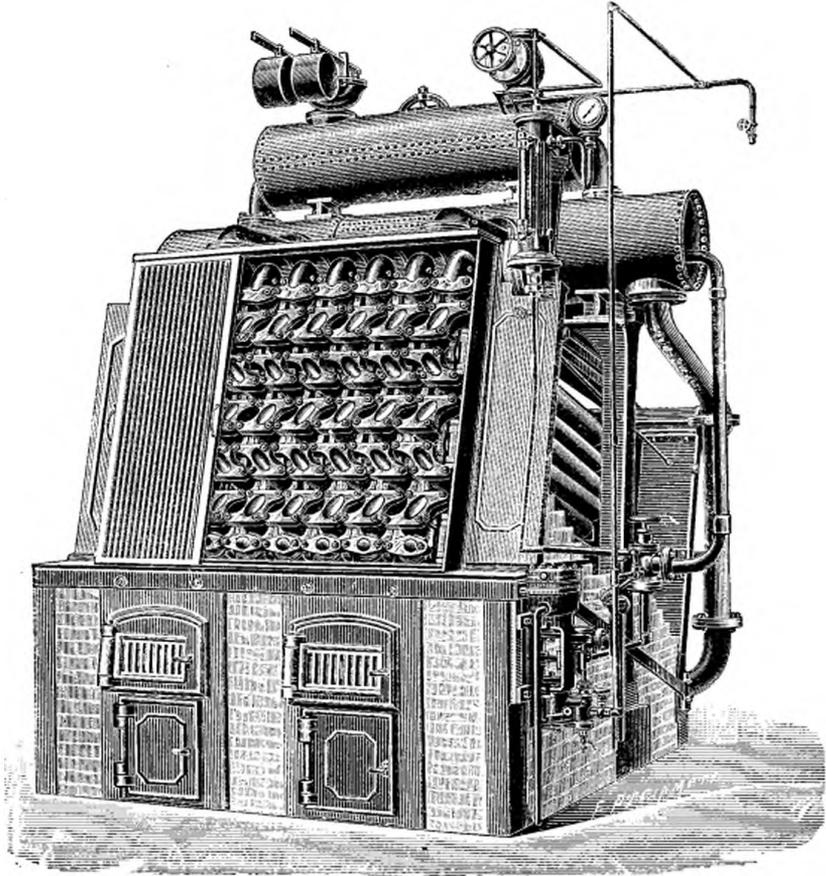
Le réchauffeur se monte en général latéralement à la chaudière. Il est d'un effet très satisfaisant et donne d'excellents résultats.

En outre de ces quatre types industriels, ex-



RÉCHAUFFEUR D'EAU

clusivement réservés aux installations fixes et à terre, la maison C<sup>a</sup> Knap a créé des modèles spéciaux de générateurs transportables, du système Root. Ces générateurs sont entièrement démontables sans le secours d'ouvriers ni d'outils spéciaux. Les plus lourdes pièces pèsent 68 kilogrammes. Ils peuvent donc être conduits soit à bras si le terrain et la longueur du trajet le permettent, soit à dos de mulet si l'on opère en pays montagneux ou présentant de chemins difficiles.

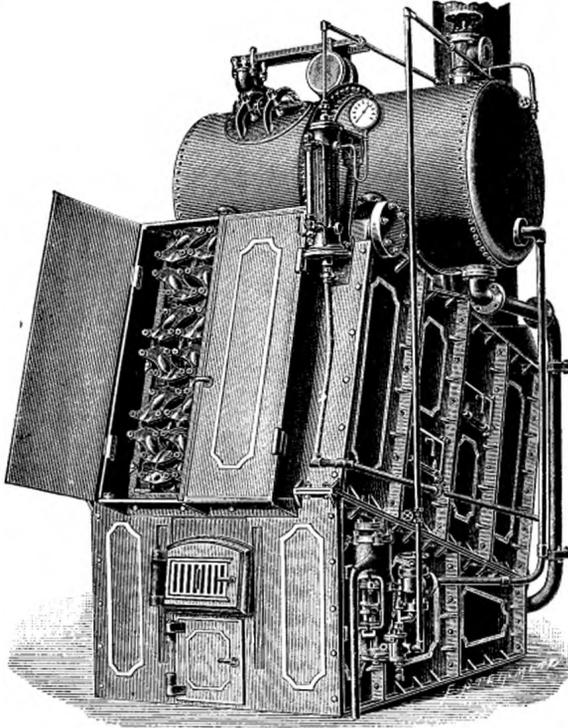


GÉNÉRATEUR SYSTÈME ROOT, TYPE E.

Ce modèle particulier de la chaudière Root constitue le type B. Il n'exige la présence d'aucune maçonnerie, ni d'aucun massif de fondation. Il est d'un montage extrêmement rapide et simple, ne comportant pas de réservoir supérieur comme le type industriel décrit plus haut. Ce petit modèle est assez répandu dans les établissements miniers de l'Angleterre et dans les exploitations agricoles. Sa légèreté, sa solidité et la facilité de son montage et de son entretien sont les principales causes de son succès.

Le type D est semblable au précédent, sauf l'addition d'un réservoir d'eau et de vapeur à la partie supérieure et quelquefois même d'un magasin de vapeur comme dans les chaudières industrielles les mieux agencées. Ce type ne comporte aucune maçonnerie, sa construction ne comporte que des parties métalliques.

Un modèle de ce dernier système figurait à l'état inerte dans le pavillon construit par MM. C<sup>d</sup> Knap et C<sup>ie</sup> dans la Cour de la force motrice, à côté du générateur en activité.

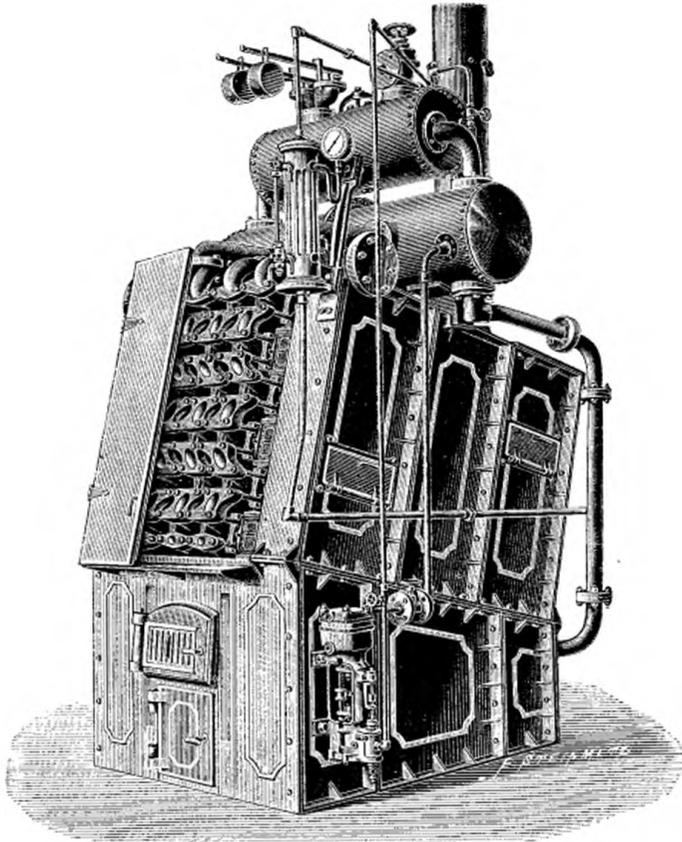


GÉNÉRATEUR SYSTÈME ROOT, TYPE B.

La maison C<sup>d</sup> Knap et C<sup>ie</sup> a créé pour ses générateurs, un type spécial de foyer mécanique qui ne figurait pas à l'Exposition. Ce foyer donc nous donnons seulement une coupe est employé dans les cas où le combustible employé est très pauvre et encombrant. Dans ce cas, on le comprend, l'ouverture fréquente des portes du foyer détruirait la plus grande partie de l'effet utile produit ; les pertes par radiation deviendraient considérables, en comparaison du peu de calorique développé.

Le foyer mécanique de MM. C<sup>d</sup> Knap et C<sup>ie</sup> consiste simplement en une caisse

métallique spéciale en forme de trémie disposée au-dessus des portes ordinaires du foyer. Cette trémie porte à sa partie inférieure une trappe à glissière dont l'ouverture peut être réglée à la main suivant l'intensité que l'on désire donner au feu. La trémie est constamment tenue pleine. Il se produit ainsi sur la grille



GÉNÉRATEUR SYSTÈME ROOT, TYPE D.

un écoulement constant de combustible. Cet appareil dont l'application entraîne cependant des avantages appréciables, n'est pas encore très répandu, même en Angleterre.

Les chaudières Root qui comptent déjà une assez longue existence ont été soumises à différentes époques à des essais de vaporisation très complets. Nous possédons le compte rendu analytique d'un grand nombre de ces essais.

Nous en citerons seulement trois que nous avons réunis dans un tableau donnant toutes les caractéristiques importantes des expériences.

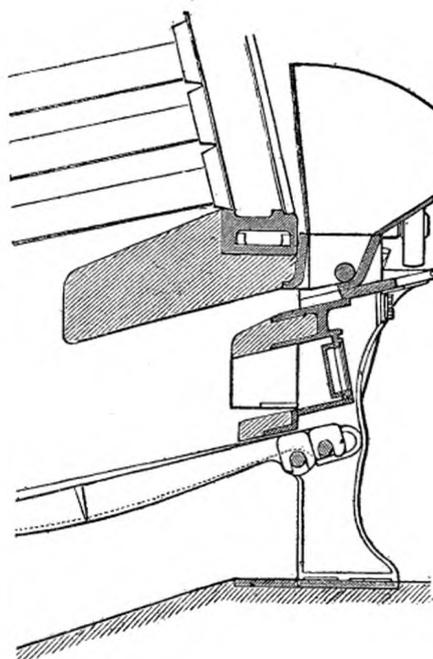
Les trois essais signalés ont été faits dans les établissements de MM. Brooks, Shoobridge et C<sup>o</sup>, fabricants de ciment à Grays (Essex) sur une chaudière Root de 89, 18 mètres carrés de surface totale de chauffe. Les autres données de l'essai étaient les suivantes :

Superficie de la grille . . . . .	2 <sup>m</sup> 385
Rapport entre la surface de la grille et la surface de chauffe totale . . . . .	$\frac{1}{32}$
Volume d'eau à niveau normal . . . . .	3725 litres
Surface du plan d'évaporation . . . . .	3 mètres carrés
Température de l'eau d'alimentation . . . . .	38 degrés C.

L'eau était mesurée au moyen d'un compteur Kennedy, et ce mesurage était vérifié fréquemment pendant la durée des essais. Le charbon était pesé avec toute la précision possible. Il en était de même pour les scories, mâchefers et cendres.

Ni le feu ni le niveau d'eau ne subirent de variations considérables pendant les essais. En fin la vapeur obtenue était d'une siccité satisfaisante.

On pourrait toutefois ajouter que le feu, ayant, au cours de ces expériences, été poussé plus vite que d'habitude, les résultats ne doivent pas être pris complètement à la lettre mais qu'ils ne s'éloignent pas sensiblement de la vérité.



FOYER MÉCANIQUE C<sup>d</sup> KNAP

ESSAIS FAITS DANS LES USINES DE MM. BROOKS, SHOOBRIDGE ET C<sup>ie</sup>, A GRAYS (ESSEX)SUR UNE CHAUDIÈRE ROOT CONSTRUITE PAR MM. C<sup>d</sup> KNAP ET C<sup>ie</sup>

DATES DES ESSAIS	DURÉES des essais	EAU vaporisée pendant la durée totale des essais	CHARBON consommé pen- dant la durée totale de l'essai.		EAU vaporisée à la température de 100 degrés C Par livre anglaise de charbon	PRESSION pendant l'essai	VAPORISATION par heure			CHARBON consommé par heure.	
			Poids brut en kilogrammes	Poids net sans les scories, ni les cendres			TOTALE	Par mètre carré de surface de chauffe	Par mètre carré de surface de grille	Total	Par mètre carré de surface de grille
1888		mètres cubes			kg	atmosph.	kg	kg	kg	kg	
Du 29 avril au 1 <sup>er</sup> mai.....	42	76.885	7153	6940	5.697	8.16	1831	19.05	594.2	170	55.3
2 mai.....	6	11.740	1092	1055	5.728	8.16	1958	20.41	635	182	59.1
Du 7 au 8 mai.....	29	50.828	5021	4772	5.488	8.16	1749	18.14	567	173	56.2

## GÉNÉRATEURS DE VAPEUR

Système Davey Paxman et C<sup>ie</sup>, à Colchester (Angleterre)

(Planches 23 et 24)

MM. Davey Paxman et C<sup>ie</sup> possédaient dans l'enceinte de l'Exposition une importante installation dont une partie seulement avait été édifiée en prévision de la fourniture de la force motrice aux sections américaine et anglaise dans la Galerie des Machines.

L'exposition principale de MM. Davey Paxman et C<sup>ie</sup> était renfermée dans un bâtiment de 40 mètres de longueur et de 18 mètres de largeur situé dans la cour des stations d'électricité entre la Galerie des Machines et les galeries des expositions diverses du côté de l'avenue de la Bourdonnais.

Dans ce bâtiment était installée une batterie de neuf générateurs dont quatre étaient affectés au service de la force motrice des sections américaine et anglaise et les cinq autres au fonctionnement des dynamos de la station Gramme.

L'installation était complétée par une cheminée en briques de 37 mètres de hauteur construite par la maison Mittau. Cette cheminée avait 2 mètres 940 de diamètre intérieur au sommet et 3 mètres 240 à la base.

Les produits de la combustion, après avoir traversé les faisceaux tubulaires des chaudières, étaient dirigés par des conduits plongeants à un carneau collecteur qui régnait dans toute la largeur de la station sous les boîtes à fumée des générateurs. De là, ils se rendaient à la cheminée.

Le chauffage des chaudières Davey Paxman et C<sup>ie</sup> était fait avec des fines et des poussières de charbon. On avait appliqué dans l'installation que nous décrivons la méthode Alexis Godillot pour l'alimentation des foyers. Nous aurons à reparler, d'ailleurs, de cette méthode.

Les générateurs système Davey Paxman et C<sup>ie</sup> installés à la station Gramme étaient du type « locomotive ». La longueur totale de chacune de ces chaudières était de 5<sup>m</sup>,590. Les dimensions intérieures des foyers étaient de 1<sup>m</sup>,524 sur 1<sup>m</sup>,179 pour 1<sup>m</sup>,359 de hauteur. Le diamètre du corps cylindrique était de 1<sup>m</sup>,346. Le faisceau tubulaire se composait de 100 tubes.

Ces générateurs étaient timbrés à 8 kilogrammes. Chacun d'eux était muni d'un dôme sur lequel on avait placé les appareils de sûreté et les valves de prise de vapeur.

La difficulté de la construction de ces chaudières repose surtout sur l'importance du travail de chaudronnerie qu'elles comportent. Il est toutefois juste

d'ajouter que la maison Davey Paxman et C<sup>ie</sup> a su se munir pour cette occasion d'un outillage parfait.

Les chaudières sont entièrement constituées en tôle d'acier. Les plaques de foyer et leurs enveloppes extérieures sont embouties d'un seul coup à la presse hydraulique et recuites après l'emboutissage.

Les rivures sont exécutées en totalité avec des machines à river spécialement construites pour la circonstance. La pression, dans ces machines, se répartit en deux actions distinctes sur les pièces à travailler : la première est employée pour assurer le joint des tôles, la seconde pour la rivure même.

Les ciels des foyers ainsi que les corps tubulaires sont très solidement entretoisés et les tubes eux-mêmes sont emmanchés à froid sans bagues dans les plaques tubulaires.

Leur extrémité du côté de la boîte à fumée est d'un diamètre un peu plus fort que celui de l'extrémité placée du côté du foyer. Cette disposition est très avantageuse pour l'enlèvement d'un tube avarié.

MM. Davey Paxman et C<sup>ie</sup> exposaient dans la Galerie des Machines (section britannique) la chaudière verticale « Essex » dont ils sont inventeurs et constructeurs.

La particularité de cet appareil est mise en évidence par un faisceau tubulaire séparé exposé à part. La disposition de ce faisceau fait que les gaz de la combustion vont du foyer dans une chambre triangulaire des parois de laquelle se détachent deux faisceaux tubulaires courbés qui se rattachent à une deuxième chambre de forme analogue à la précédente. A la suite de cette deuxième capacité se trouve la cheminée.

La forme et la disposition des faisceaux tubulaires courbés semble de prime abord être une complication sans valeur dans la construction de l'appareil. L'expérience qu'on en a faite depuis quelques années prouve au contraire que la facilité de l'accès des tubes ne perd rien avec ce dispositif et que par conséquent leur nettoyage est des plus faciles.

Un examen complet de ce tube de chaudière verticale met en relief d'une façon suffisante les perfectionnements très appréciables apportés aux méthodes de construction par la maison Davey Paxman et C<sup>ie</sup>.

La différence entre cet appareil et ses semblables, au point de vue de la production moyenne, est moins marquée.

Les chambres triangulaires dont nous avons parlé précédemment sont embouties à la presse hydraulique. Les enveloppes sont en tôle d'acier et recuites après l'emboutissage comme dans la construction des chaudières type « locomotive ».

L'administration de l'Exposition avait passé avec MM. Davey Paxman et C<sup>ie</sup>, un traité aux termes duquel ces constructeurs s'engageaient à fournir en moyenne 5,000 kilogrammes de vapeur à l'heure pendant toute la durée normale de l'Exposition.

Les générateurs n<sup>os</sup> 1, 2, 3 et 4 seulement étaient affectés à cette fourniture. Les essais de vaporisation qui ont été faits sur l'ensemble de ces quatre appareils, en mai 1889, ont montré que dans les conditions de marche normale, leur production pouvait atteindre 6,500 kilogrammes à l'heure. Avec cette production le niveau d'eau pouvait être tenu sensiblement le même au moyen d'une alimentation continue et la pression pouvait se maintenir au même point pendant un temps relativement long.

Le fonctionnement des chaudières Davey Paxman a donc été reconnu d'une régularité très satisfaisante.

Les quatre générateurs dont nous parlons alimentaient de vapeur la section des États-Unis en entier et une partie de celle de la Grande-Bretagne dans le Palais des Machines. La section anglaise, plus spécialement alimentée par les générateurs Babcock et Wilcox consommait fort peu de vapeur sur les conduites de MM. Davey Paxman et C<sup>ie</sup>. Le gros chiffre de consommation était surtout donné par la section américaine, savoir : la machine motrice Brown, de Fitchburg (Mass.), la Straight line de Syracuse (New-York), la machine particulière de MM. Thomson Houston, la machine verticale Baxter, l'exposition Johnson, etc.

La canalisation posée par MM. Davey Paxman et reliant leurs générateurs aux sections alimentées par eux était entièrement en fer étiré avec boîtes de dilatation tous les 20 mètres.

---

## CHAUDIÈRE SYSTÈME BARBE

(M. Pétry-Chaudoir, Constructeur à Liège, concessionnaire)

---

La chaudière Barbe qui occupe un rang spécial parmi les nombreux appareils générateurs connus à ce jour figurait en activité à l'Exposition universelle. Elle alimentait de vapeur les deux machines motrices de la station Bon et Lustremant, Megy, Echeverria et Bazan, située dans la cour de la force motrice, derrière le Palais des machines. On sait que MM. Bon et Lustremant, d'une part, et MM. Megy, Echeverria et Bazan, de l'autre, étaient les constructeurs et les concessionnaires des ponts roulants en service à la Galerie des machines pendant la durée de l'Exposition.

La chaudière Barbe, construite en Belgique, par M. Petry-Chaudoir, peut être considérée comme un intermédiaire entre le système à bouilleurs, auquel elle se rattache par la présence d'un grand réservoir supérieur dans lequel on emmagasine une quantité d'eau et de vapeur suffisante à garantir à tous les instants une régularité relative de la marche, et le système multitubulaire rappelé par la disposition des organes inférieurs.

Au premier examen, la chaudière Barbe semble à juste raison participer des avantages de l'un et de l'autre système.

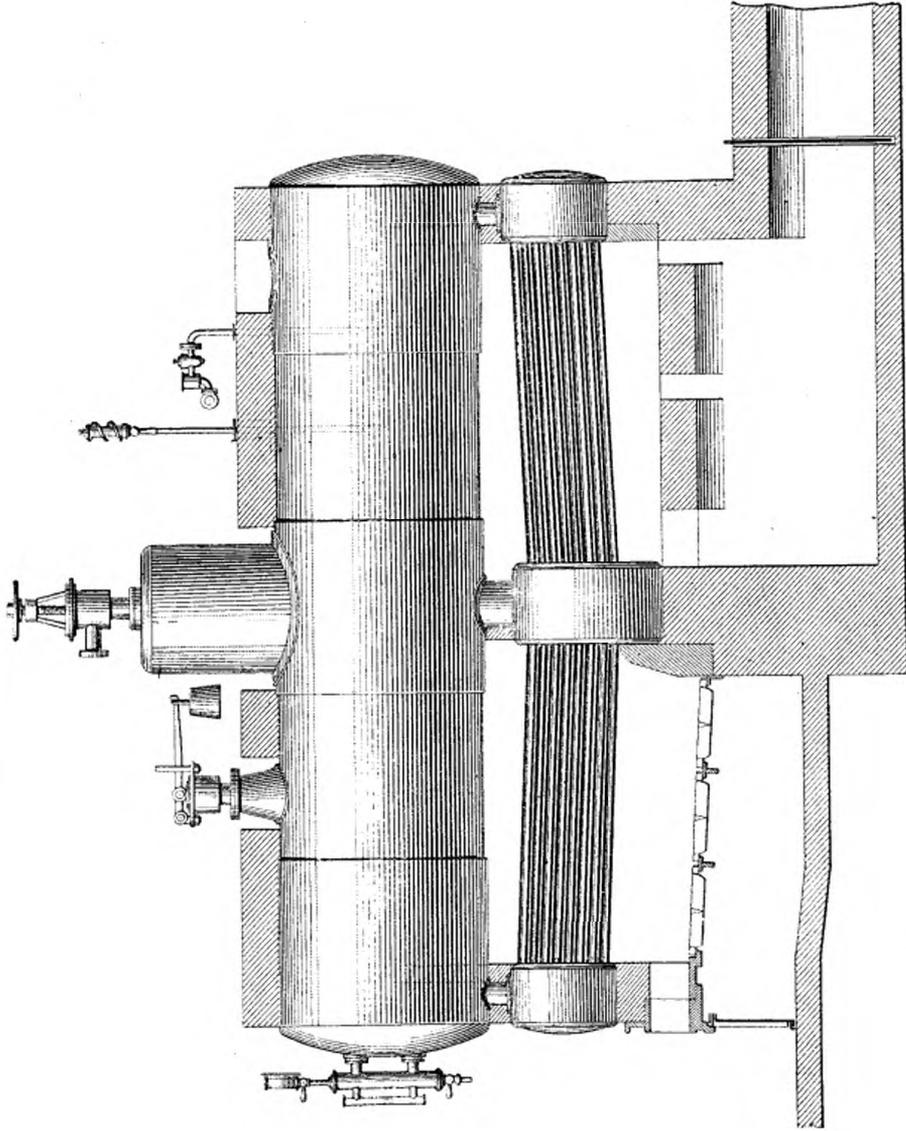
Ajoutons, dès maintenant, que cet appareil qui compte déjà une longue existence (puisque la première idée en vint à M. Barbe il y 17 ans) a reçu un grand nombre d'applications et qu'il peut être, à bon droit, considéré comme ayant franchi la période expérimentale.

Dans son ensemble, la chaudière Barbe se compose d'un réservoir supérieur d'eau et de vapeur, de trois capacités inférieures, l'une centrale, les deux autres terminales et de deux faisceaux tubulaires inclinés reliant ces dernières capacités à la première.

Le foyer est disposé sous l'un de ces faisceaux tubulaires et les gaz de la combustion s'élevant à travers cette première série de tubes viennent chauffer les parois latérales du réservoir supérieur pour faire retour à travers le deuxième faisceau et se rendre de là à la cheminée.

Le corps cylindrique est construit en tôle de fer, avec fonds emboutis rivés à l'enveloppe. Il est surmonté d'un dôme sur lequel s'effectuent les prises de vapeur et se montent les appareils de sûreté. Ce dôme est également rivé à l'enveloppe; il porte à la partie supérieure un trou d'homme fermé par un autoclave, en marche

normale. Sur le fond antérieur du réservoir est monté l'indicateur du niveau d'eau.  
La capacité centrale inférieure est construite entièrement en tôles et cornières



GÉNÉRATEUR SYSTÈME BARBE, VUE EN ÉLEVATION LONGITUDINALE

à joints rivés. Les parois antérieure et postérieure de cette chambre constituent deux des quatre plaques tubulaires du faisceau. Elles sont par conséquent percées de trous dans lesquels les extrémités des tubes sont serties.

Les deux autres capacités inférieures sont également constituées de tôles et cornières à joints rivés : les fonds, à l'exception des plaques tubulaires, sont en tôle de fer et chaudronnés en calottes sphériques. L'assemblage des tubes avec les plaques tubulaires de ces deux capacités se fait de la même façon qu'avec les plaques de la capacité centrale.

Ces trois chambres d'eau sont reliées au réservoir supérieur au moyen de tubulures à collerettes, remplissant le rôle des cuissards dans les anciennes chaudières à bouilleurs.

L'application d'un système de tubes à circulation d'eau à une chaudière à bouilleurs revient entièrement à M. Barbe qui donna, dès le début de ses études dans cette voie, sa préférence à un petit tube de 57 millimètres de diamètre. Ce tube présentait en effet plus de facilité au nettoyage qu'un gros et permettait d'obtenir, pour un même volume occupé, une surface de chauffe beaucoup plus grande. La combinaison imaginée par M. Barbe pour son générateur est d'ailleurs restée identique à celle de la chaudière actuellement construite, sauf toutefois quelques modifications de détails et quelques légers perfectionnements introduits par M. Petry-Chaudoir.

On voit que dans la chaudière Barbe, les deux faisceaux de tubes reliant entre elles les trois chambres d'eau que nous avons mentionnées font le même office que les bouilleurs de l'ancienne chaudière.

L'avantage évident du remplacement des bouilleurs par des faisceaux tubulaires est que la masse d'eau contenue dans une série de petits tubes directement exposés à l'action du foyer crée une surface de chauffe directe huit fois plus grande pour le même volume occupé.

Or, on sait qu'un mètre carré de surface de chauffe directe peut arriver à produire 40 kilogrammes de vapeur à l'heure tandis que la même surface de chauffe indirecte n'en produit au maximum que 7 kilogrammes. Ces chiffres indiquent suffisamment le progrès réalisé dans la chaudière Barbe.

Le nettoyage de la chaudière est plus facile que lorsqu'il s'agit de bouilleurs qu'on est forcé à intervalles assez rapprochés, de piquer pour enlever les dépôts calcaires ; le nettoyage des tubes peut en effet se faire au moyen d'un foret spécial par un ouvrier qui reste en dehors de la chaudière. Ce nettoyage est donc moins pénible. Il est de plus sous la surveillance du propriétaire ou du chef d'usine qui peut dès lors, sans effort, se rendre compte des conditions dans lesquelles cette opération est faite.

La chaudière Barbe possède comme régulateur de pression son réservoir cylindrique supérieur. Elle a donc à cet égard les mêmes avantages que la chaudière à bouilleurs. Le réservoir sert ainsi à parer à une consommation irrégulière, la réserve de vapeur étant suffisante pour atténuer l'effet des trop rapides fluctuations de la pression.

De plus, le dégagement de la vapeur engendrée dans les tubes se fait dans le

corps cylindrique par l'intermédiaire de communications présentant une section largement suffisante. Il est peu probable, en conséquence, que ce dégagement donne lieu à un bouillonnement violent : donc, pas d'entraînement d'eau à l'état globulaire avec le courant de vapeur et production de la vapeur dans les conditions de siccité exigées.

Il serait prétentieux d'annoncer que la chaudière Barbe, en raison de la circulation de l'eau dans ses diverses parties, peut se passer de nettoyages ou de lavages périodiques. Elle est, comme toutes les semblables, soumise à cette règle commune. Il est seulement juste de dire que ces lavages sont très simples et que les nettoyages peuvent être rapidement faits.

On ne saurait nier que la disposition générale de la chaudière Barbe s'oppose dans une certaine mesure au dépôt des incrustations dans ses diverses parties. Elle participe, en effet, à cet égard, aux avantages présentés par les systèmes multitubulaires : Les sels précipités sont entraînés dans le mouvement du liquide et sont tous amenés à l'état boueux dans le fond de la capacité inférieure centrale, d'où on les extrait facilement.

L'utilisation du combustible est aussi complète que possible dans la chaudière Barbe. Le foyer est de dimensions bien proportionnées à la surface totale de chauffe de la chaudière. Il se trouve, comme nous l'avons vu déjà, au dessous du faisceau de tubes antérieur. Ce faisceau constitue par cette disposition une surface de chauffe directe qui correspond à une production de vapeur égale aux deux tiers de la production totale.

La circulation des gaz chauds est donc excessivement simple et leur trajet ne nuit en rien à la perfection du tirage. Néanmoins, le calorique est utilisé aussi bien que possible puisqu'en marche normale les gaz sortent à la température moyenne de 200 degrés.

La production de vapeur par kilogramme de charbon oscille ainsi entre 8 et 9 kilogrammes. C'est là un résultat très satisfaisant. Il permet de ne pas adjoindre à l'appareil un appareil réchauffeur, qui, dans les conditions de marche indiquées plus haut devient inutile.

La chaudière Barbe a reçu, dans le cours de ces dernières années de nombreuses applications. On en peut compter plus de deux cents d'une surface totale de chauffe de 15.000 mètres carrés, qui donnent les meilleurs résultats.

Ce succès est sans contredit dû à la stricte observation des principes dont les constructeurs de chaudières ne devaient jamais se départir mais il est également l'effet de la parfaite construction et des études fort raisonnées dont la chaudière Barbe est l'objet.

---

## CHAUDIÈRE SYSTÈME ORIOLLE

(Ateliers et Chantiers de Prairie-le-Duc, à Nantes)

(Planches 25 et 26).

---

La chaudière système Oriolle est une chaudière multitubulaire. Le principe en est toutefois sensiblement différent de celui des autres systèmes connus. En effet dans cet appareil, tout en employant comme surface de chauffe des tubes en fer à circulation d'eau intérieure, chacun de ces tubes fonctionne individuellement et non par série ou par élément générateur. Il suit de là que chacun des tubes vaporisateurs peut être supprimé seul pour une cause quelconque tandis qu'une pareille opération entraîne la suppression d'une série dans quelques autres systèmes.

De plus tous les tubes ayant à travailler isolément, chacun comme un bouilleur ordinaire, sont inclinés dans le même sens et non inversement comme dans les générateurs par séries génératrices.

Enfin toutes les ouvertures pour le nettoyage ou le montage des tubes sont fermées par des joints autoclaves. Cette disposition a été adoptée en considération des nombreuses chances d'accidents que présente un boulon ou un prisonnier sous un serrage mal fait.

La chaudière Oriolle se compose de deux lames d'eau parallèles réunies entre elles par un faisceau de tubes en fer à circulation d'eau intérieure. Les gaz du foyer brûlent à l'extérieur des tubes et circulent dans toute la masse du faisceau tubulaire.

Le générateur ainsi constitué est posé sur son bâti de manière à donner au faisceau tubulaire une inclinaison de 10 à 20 centimètres par mètre.

La grille est placée sous le faisceau de tubes. De chaque côté de ce faisceau sont disposées deux portes qui forcent les produits de la combustion à circuler autour de tous les tubes avant de gagner la cheminée.

Les lames d'eau qui constituent les parties antérieure et postérieure de l'appareil sont formées chacune de deux tôles planes, plaque tubulaire et plaque extérieure réunies sur tout leur pourtour entre elles par un fer U de 12 à 18 centimètres d'épaisseur. Ces deux plaques sont rendues très rigides et leur parallélisme est assuré par la présence d'un grand nombre d'entretoisés filetées et rivées. L'espacement entre deux tubes est au minimum de 30 millimètres. Cette distance est très suffisante pour le passage des gaz du foyer.

La disposition ci-dessus indiquée correspond en plan horizontal à un écartement de 15 millimètres entre les tubes du faisceau, ce qui en permet un examen complet et le nettoyage extérieur.

L'examen et le nettoyage de la partie intérieure des tubes ainsi que leur remplacement sont facilités par la présence des autoclaves correspondant des plaques extérieures des lames d'eau.

Pour effectuer commodément le nettoyage complet au moyen d'un jet de vapeur on supprime quelques tubes pris dans le faisceau à intervalles convenables puis on les remplace dans l'épaisseur d'une des lames par des bouts de tubes mandrinés formant entretoises creuses. Ces entretoises permettent le libre passage d'une lance de ramonage et le nettoyage du faisceau peut être fait entièrement même en marche.

Afin d'éviter le contact direct des flammes avec les plaques tubulaires et avec l'extrémité des tubes, des bandes de tôle mince sont disposées horizontalement le long de ces plaques tubulaires en reposant sur l'extrémité d'une rangée de tubes. Cette disposition simple garantit avec une certaine efficacité le point d'ajustage des tubes et des plaques tubulaires contre des corrosions rapides.

La même précaution est prise afin d'empêcher les gaz du foyer d'arriver au contact des portes et aussi pour ramener ces gaz dans le faisceau des tubes. A cet effet des bandes de même tôle mince sont placées contre les tubes latéraux.

Il est important de remarquer que, ni les plaques tubulaires ni les extrémités des tubes qui sont en saillie sur la partie interne de ces plaques n'ont à fatiguer plus qu'il n'est raisonnable puisque ces parties ne subissent jamais l'action directe du feu.

Sous les tubes se trouve le foyer dont le pourtour est souvent construit en briques réfractaires. Quelquefois le faisceau tubulaire descend jusqu'au niveau de la grille de chaque côté du foyer. Dans ce cas les plaques tubulaires sont prolongées de la même façon. Cette disposition permet d'absorber utilement le rayonnement du foyer.

*Fonctionnement.* — La conduite et le fonctionnement de la chaudière Oriolle sont très simples. A ce titre, l'appareil que nous décrivons ne diffère pas sensiblement des autres chaudières.

Enfin, quelles que soient la négligence ou l'imprudence de l'homme chargé de sa conduite, il ne saurait y avoir de chance d'accident grave.

Les produits de la combustion du foyer s'élèvent verticalement jusqu'aux tubes de la première rangée, passent par les intervalles longs et étroits qui les séparent, rencontrent les tubes de la deuxième rangée et ainsi de suite. Les gaz circulent ainsi entre tous les tubes. Leur marche est ralentie par la disposition en quinconce du faisceau tubulaire. Ils arrivent enfin à la cheminée après avoir abandonné une grande partie du calorique utilisable.

On remarque que la disposition inclinée du faisceau tubulaire fait que la vapeur formée dans chaque tube va se déverser dans la lame d'eau antérieure qui reçoit ainsi la totalité de la production.

Au contraire la lame postérieure ne contient que de l'eau sans aucun mélange de vapeur. Cette eau arrive sans cesse par la partie inférieure des tubes pour remplacer celle qui a été convertie en vapeur. Sous l'action d'une génération active de vapeur, il s'établit donc dans l'ensemble de l'appareil une active circulation. Cette circulation s'oppose au dépôt d'incrustations adhérentes et corrodantes dans les tubes.

La totalité de la vapeur produite est donc réunie dans la lame d'eau antérieure. Cette vapeur retourne à la partie supérieure de la lame d'arrière soit au moyen de conduits spéciaux réunissant les parties supérieures des deux lames d'eau, soit par les tubes des rangées supérieures du faisceau. Dans le deuxième cas, ces tubes font fonction de réservoir et de surchauffeur. Il importe, toutefois, de tenir le niveau d'eau dans la chaudière, un peu plus bas que d'ordinaire.

La prise de vapeur se fait au sommet de la lame d'eau d'arrière qui reçoit ainsi uniquement la vapeur de la partie supérieure de la lame d'eau d'avant par des conduits d'une section suffisante pour que la vapeur n'ait qu'une faible vitesse. Cette disposition atténue dans une certaine mesure les entraînements d'eau toujours à redouter d'une chaudière à faible réserve de vapeur.

Dans certains cas, la vapeur avant d'être employée passe par un réchauffeur utilisant la chaleur restant aux produits de la combustion avant leur évacuation à la cheminée.

Le rendement en vapeur par kilogramme de charbon ne laisse rien à désirer dans la chaudière Oriolle. Il est en effet reconnu que la transmission du calorique des gaz du foyer au liquide s'effectue d'autant mieux que le métal intermédiaire a une épaisseur plus faible. Or dans la chaudière Oriolle toute la surface de chauffe se compose de tubes de 4 millimètres d'épaisseur. De plus, les gaz chauds suivent leur chemin de la grille à la cheminée en se laminant en couches de 30 millimètres d'épaisseur. Leur utilisation est donc aussi complète que possible.

Enfin la conductibilité des diverses parties constitutives de l'appareil peut être maintenue à sa valeur maxima par la facilité de tenir la surface des tubes débarrassée de suie et de cendres au moyen d'un simple ramonage.

Les réparations peuvent être toutes faites de l'extérieur de la chaudière, ce qui est un des points importants à apprécier dans un générateur. La réparation la plus sérieuse ne peut être que le changement d'un tube lorsqu'il est usé ou brûlé par suite de manque de nettoyage.

Dans tous les cas, cette réparation peut être rapidement faite et, ce qui est essentiel aussi, peut être faite par n'importe qui.

Lorsqu'un tube est desserré et que sa jonction avec la plaque tubulaire n'est

plus étanche, il suffit de le ressertir avec un outil spécial. Cet expanseur suffit entièrement à cet ouvrage. Il n'est aucunement besoin de mater ni de river pour obtenir satisfaction.

Quand un tube doit être changé, on laisse baisser la pression et descendre l'eau jusqu'au niveau du tube, on desserre les autoclaves correspondant au tube et à ses voisins et on les suspend à l'aide de fils de fer. On retient les deux extrémités du tube, on le sort et on le remplace par un tube neuf qu'on sertit aux deux extrémités à l'aide d'un mandrin à galets; on remet enfin les autoclaves.

La chaudière Oriolle peut fonctionner à de très hautes pressions sans danger d'altération de ses éléments et sans aucune crainte relative au travail excessif des matériaux.

En effet, les lames d'eau sont formées de plaques entretoisées au moyen d'entretoises de 24 millimètres placées à 0,095 dans un sens et 0,110 dans l'autre. Lorsque les tôles de ces lames d'eau sont soumises à une pression intérieure de 20 kilogrammes par centimètre carré les entretoises travaillent seulement à la charge de 4 kilogs., 680 par millimètre carré.

Les tubes du faisceau ont 80 millimètres de diamètre et 4 millimètres d'épaisseur. Ils sont capables de résister à une pression intérieure très élevée. En marche normale, ils ne travaillent qu'à la charge de 1 kilogramme par millimètre carré.

Les réservoirs supérieurs où s'emmagasine la vapeur produite sont construits en tôle d'acier. Ils ne reçoivent en aucun cas l'action du feu et ils sont calculés pour ne jamais travailler au-dessus du coefficient de sécurité.

Les deux lames d'eau sont entretoisées très sûrement par le faisceau tubulaire lui-même. Leur écartement est aussi rendu très improbable. — Par surcroît de précaution quelques tubes sont armés de tirants passant à l'intérieur.

Comme on le voit, un assez grand nombre de gages de sécurité sont offerts par la chaudière Oriolle. Il est juste de dire que sa construction est l'objet de soins tout particuliers aux ateliers de Prairie-le-Duc.

Nous avons vu qu'en ce qui concerne l'état des surfaces conductrices de la chaleur, il n'y a rien à redouter, puisque leur visite est très facilement praticable à tous les instants.

En cas de manque d'eau, ce qui ne peut arriver que par l'imprévoyance ou l'ignorance du chauffeur, la position inclinée des tubes permet l'alimentation sans danger, puisque l'eau refroidit graduellement les parties surchauffées de ces tubes.

Si, par un défaut de construction, un tube présentait en un point de sa surface une épaisseur inférieure à celle qui est nécessaire, il ne pourrait se produire qu'une ampoule et cette avarie serait constatée au premier arrêt. Si le tube s'ouvrait en cet endroit, la chaudière se viderait sur la grille et par la cheminée, mais il ne se produirait pas de projections de parties métalliques ni d'expansion

spontanée. A vrai dire, le danger d'explosion proprement dite n'étant pas à craindre, il n'y a pas plus de raison pour redouter la rupture d'un tube du faisceau que celle d'un tuyau quelconque de la canalisation.

La chaudière Oriolle peut rendre dans certains cas particuliers d'excellents services. Citons entre autres, le cas de la navigation, pour lequel il est indispensable de disposer d'une grande puissance pour un petit volume du générateur. L'expérience a été faite sur l'*Abeille* n° 8, bateau à vapeur faisant le service de Nantes à Angers. Une chaudière Oriolle a été installée à bord de ce bateau ; elle avait une surface de chauffe de 80 mètres carrés et occupait une surface de 2 mètres sur 1 m. 80 pour 1 m. 50 de hauteur. Elle pesait pleine 7,000 kilogrammes. Les résultats ont été de tous points concluants.

Dans les installations à terre, il est bon, toutefois, de ne pas s'imposer une exigüité d'emplacement aussi grande et de terminer par des réservoirs de vapeur les parties supérieures des lames d'eau.

En résumé, la construction de la chaudière Oriolle comprend un certain nombre de pièces simples toujours semblables et d'une confection facile.

Les deux lames d'eau sont toujours constituées de :

1° Un fer U du commerce dont les ailes forment les pinces à river.

2° Deux tôles qui doivent simplement être dressées et percées pour les trous des tubes, et pour ceux des autoclaves, des rivets et des entretoises. Il n'y a donc jamais besoin de leur faire subir l'action de la forge.

3° Entretoises rivées et filetées.

4° Bouchons autoclaves.

Les parties métalliques sont complétées par :

1° Un faisceau de tubes générateurs de longueur déterminée.

2° Portes ou enveloppes constituées par deux tôles minces et entretoisées laissant entre elles un intervalle de 4 à 5 centimètres rempli d'air ou d'un corps non conducteur de la chaleur. Une certaine partie de ces enveloppes est à charnières afin de permettre l'examen des tubes et des rivets qui restent ainsi toujours sous la surveillance du conducteur de la chaudière.

La chaudière Oriolle peut-être transportée ou embarquée par pièces séparées d'un poids relativement restreint.

Les parties les plus lourdes sont les deux lames d'eau.

Le montage de l'appareil est très simple. Les lames d'eau sont mises debout et placées parallèlement à la distance voulue sur le bâti, les tubes sont introduits et serrés successivement au moyen du mandrin à galets, qu'on peut manœuvrer par les trous des autoclaves correspondants. On place ensuite les enveloppes latérales, les portes et la hotte de la cheminée ; on met en place les bouchons autoclaves en les introduisant par les ouvertures elliptiques disposées sur les côtés des lames d'eau dans le fer U. Le montage se termine par les joints que l'on fait au moyen de rondelles en caoutchouc à deux plis de cuivre.

La maçonnerie à construire en revêtement se réduit à fort peu de chose.

Le tirage est très actif à travers les tubes du faisceau par suite de la section de passage des gaz chauds et de leur marche toujours ascensionnelle. Aussi dans la généralité des cas, l'emploi d'une cheminée d'usine est inutile. Il suffit de quelques mètres de virole.

Les applications de la chaudière Oriolle se sont étendues, comme nous l'avons dit, à la navigation maritime et fluviale.

Il a été installé à bord du torpilleur 31 une chaudière de ce système. L'appareil affecte une forme spéciale nécessitée par la forme même de la chambre des chaudières. Nous donnons ci-après les renseignements les plus importants en ce qui concerne les caractéristiques principales du générateur installé et l'indication des échantillons des matériaux employés.

Surface de chauffe directe . . . . .	42 <sup>m</sup> 2,24
» totale . . . . .	52 ,88
Surface de grille . . . . .	1 ,58
Rapport de la surface de grille à la surface de chauffe.	33 ,46
Volume d'eau . . . . .	687 litres
» de vapeur . . . . .	468 »
Poids de la chaudière sans eau . . . . .	2762 kilogs
Poids de l'eau . . . . .	687 »
Poids total avec l'eau . . . . .	3449 »

*Échantillons des matériaux*

Tôles des plaques tubulaires (épaisseur) . . . . .	11 millimètres
» de la façade (épaisseur) . . . . .	7 »
Fers à U reliant les tôles des lames d'eau (épaisseur)	11 »
Entretoises (diamètre) . . . . .	20 »
Tubes (diamètres extérieurs et intérieurs) . . . . .	55 »
Enveloppes en tôle (épaisseur) . . . . .	2 »

Il est bon de rendre justice au système Oriolle en disant que les applications les plus intéressantes en ont été faites jusqu'à ce jour. Ce succès est dû à des causes diverses parmi lesquelles il convient de signaler la simplicité de sa construction, la commodité de transport et de montage qui facilitent son emploi dans les cales de navires, les sous-sols, les caves, les mines, sans qu'il y ait jamais lieu de compter avec une plus-value sur le coût de l'installation.

## GÉNÉRATEURS DE VAPEUR

(Système A. Collet & C<sup>ie</sup>)

(Pl. 25 et 26).

---

Plusieurs générateurs du système Collet figuraient en activité à l'Exposition universelle de 1889. Quatre de ces générateurs étaient installés dans les fondations de la pile 3 de la tour Eiffel et alimentaient de vapeur les machines motrices actionnant les pompes des ascenseurs. Un cinquième fournissait la vapeur à la machine à glace installée dans le pavillon de la République Argentine. Enfin, la machine élévatoire montée par MM. de Quillacq et Meunier sur la berge de la Seine pour élever l'eau de condensation et d'alimentation au Palais des machines recevait la vapeur d'un générateur Collet.

Le générateur Collet est au milieu des autres générateurs multitubulaires un type bien défini, n'ayant de similitude avec aucun d'eux.

Il peut seulement être comparé à une chaudière Field dont le faisceau tubulaire au lieu d'être vertical serait incliné et dont le corps principal serait remplacé par un réservoir d'eau et de vapeur.

Un premier examen du générateur Collet montre qu'il doit avoir sur le système à tubes Field ordinaires, auquel nous l'avons comparé, des avantages immédiats. La production est en effet plus considérable pour un même emplacement occupé et la circulation est plus active et surtout mieux définie. Le mouvement du liquide soumis à la vaporisation est, dans la chaudière Field, sujet à des variations considérables de vitesse qui nuisent beaucoup à l'efficacité de l'opération. Dans le générateur Collet, le chemin à parcourir par ce même liquide est tracé d'une manière absolue. La circulation reste donc nettement ce qu'elle doit être. Sa rapidité ne subit d'altération sensible en aucun point du circuit.

Nous ne ferons cependant pas le rapprochement du générateur Collet et des autres systèmes de générateurs multitubulaires où les tubes réunis par séries ou par éléments communiquent entre eux aux deux extrémités C'est à la pratique et à l'expérience qu'appartiennent de pareils enseignements.

Nous donnerons ici seulement la description du générateur Collet et quelques indications sur son fonctionnement général.

Cet appareil, que la Société des générateurs Collet présente comme générateur

à circulation siphoniale, rationnelle et méthodique, se compose de deux parties distinctes :

1° Le faisceau tubulaire incliné formant la surface de chauffe directe, au-dessus de la grille ;

2° Le réservoir d'eau et de vapeur.

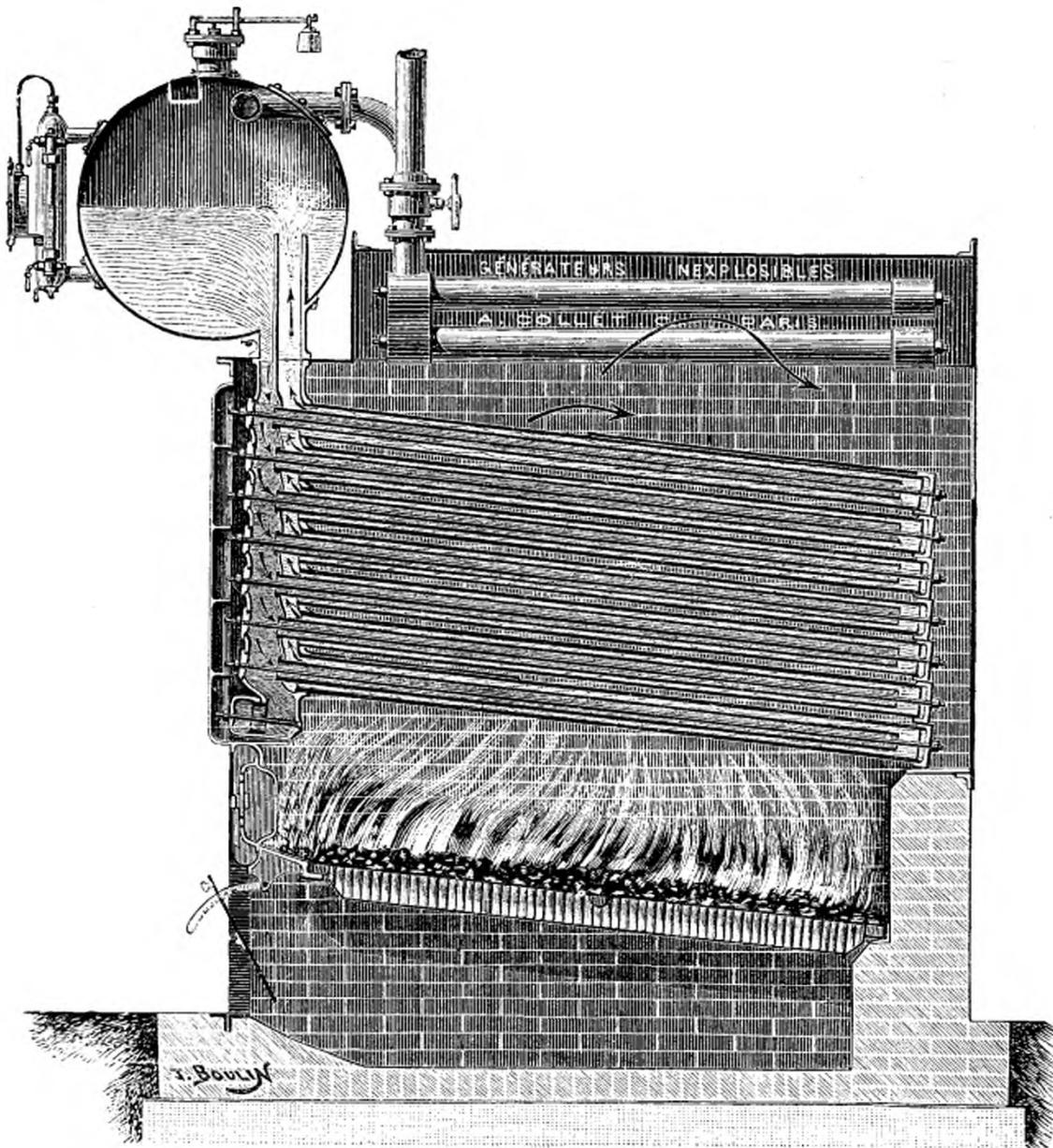


FIG. 1. -- GÉNÉRATEUR, SYSTÈME COLLET, COUPE LONGITUDINALE

Le faisceau tubulaire incliné se compose d'un certain nombre d'éléments semblables rangés verticalement côte à côte. Le nombre de ces éléments ou séries de tubes varie avec la puissance de vaporisation demandée à l'appareil. On con-

struit quelques générateurs pour petites forces avec deux éléments. Les plus grands modèles en possèdent en général dix ou douze.

L'élément, considéré isolément, se compose d'un collecteur vertical et d'un nombre variable de tubes. Le nombre de ces tubes, leur diamètre et leur longueur varient suivant la puissance du générateur.

Le collecteur vertical, placé à la partie antérieure de l'élément est constitué lui-même par une boîte métallique divisée en deux chambres distinctes par une cloison parallèle aux deux faces avant et arrière.

La face avant du collecteur est percée d'un trou circulaire en face chaque tube de l'élément. Ce trou est maintenu fermé au moyen d'un bouchon plat en fer.

Les tubes vaporisateurs sont fixés dans la partie arrière du collecteur. Les joints sont surtout soignés dans cette partie de l'appareil. L'extrémité de chaque tube est tournée et l'ouverture correspondante dans le collecteur est alésée avec toute la précision possible. L'emmanchement de ces deux parties est très légèrement conique, ce qui assure une étanchéité satisfaisante.

La partie arrière de chacun des tubes est également tournée et fermée au moyen d'un bouchon en forme de calotte. Ce bouchon et le bouchon plat de la face antérieure du collecteur sont réunis par un long tirant en fer passant à l'intérieur du tube vaporisateur. Le serrage est fait au moyen de deux écrous s'appliquant sur les bouchons.

A l'intérieur de chaque tube vaporisateur et concentriquement à ce tube, s'en trouve un deuxième fixé à l'avant dans la cloison médiane du collecteur et libre à l'arrière.

La coupe qui accompagne cette note montre les différentes dispositions que nous venons de signaler.

Les tubes intérieurs sont emmanchés librement dans la cloison du collecteur. Ils sont ensuite expansés au moyen d'un outil spécial. Toutefois les joints de la cloison et des tubes intérieurs ne sont pas de première importance et leur confection ne demande pas de soins particuliers.

Le collecteur se termine à la partie inférieure par une poche d'une forme spéciale qui porte une large ouverture à l'avant. Cette ouverture est fermée en temps ordinaire par un bouchon en calotte maintenu par un tirant de faible longueur. Le joint de la boîte et du bouchon est assuré au moyen d'un double cône en fer.

C'est dans cette poche inférieure que la circulation de l'eau est la moins active. C'est aussi là que les boues et les impuretés viennent s'accumuler. Il est facile de les en retirer à chaque nettoyage.

La réunion de plusieurs systèmes semblables à celui que nous venons de décrire forme le faisceau tubulaire ou appareil vaporisateur complet.

*Réservoir d'eau et de vapeur.* — Le réservoir d'eau et de vapeur est placé

à la partie supérieure et en avant de la chaudière. On peut lui donner une forme quelconque et des dimensions plus ou moins considérables, en rapport avec les services qu'on attend du générateur. En général, il est de forme cylindrique et sa longueur est égale à la largeur du faisceau.

Chaque collecteur est relié au réservoir d'eau et de vapeur par un joint à double cône, alésé et tourné avec une grande précision et placé directement sous le réservoir cylindrique. Cette série de dispositions nécessite un réservoir d'eau et de vapeur placé transversalement à la direction des tubes.

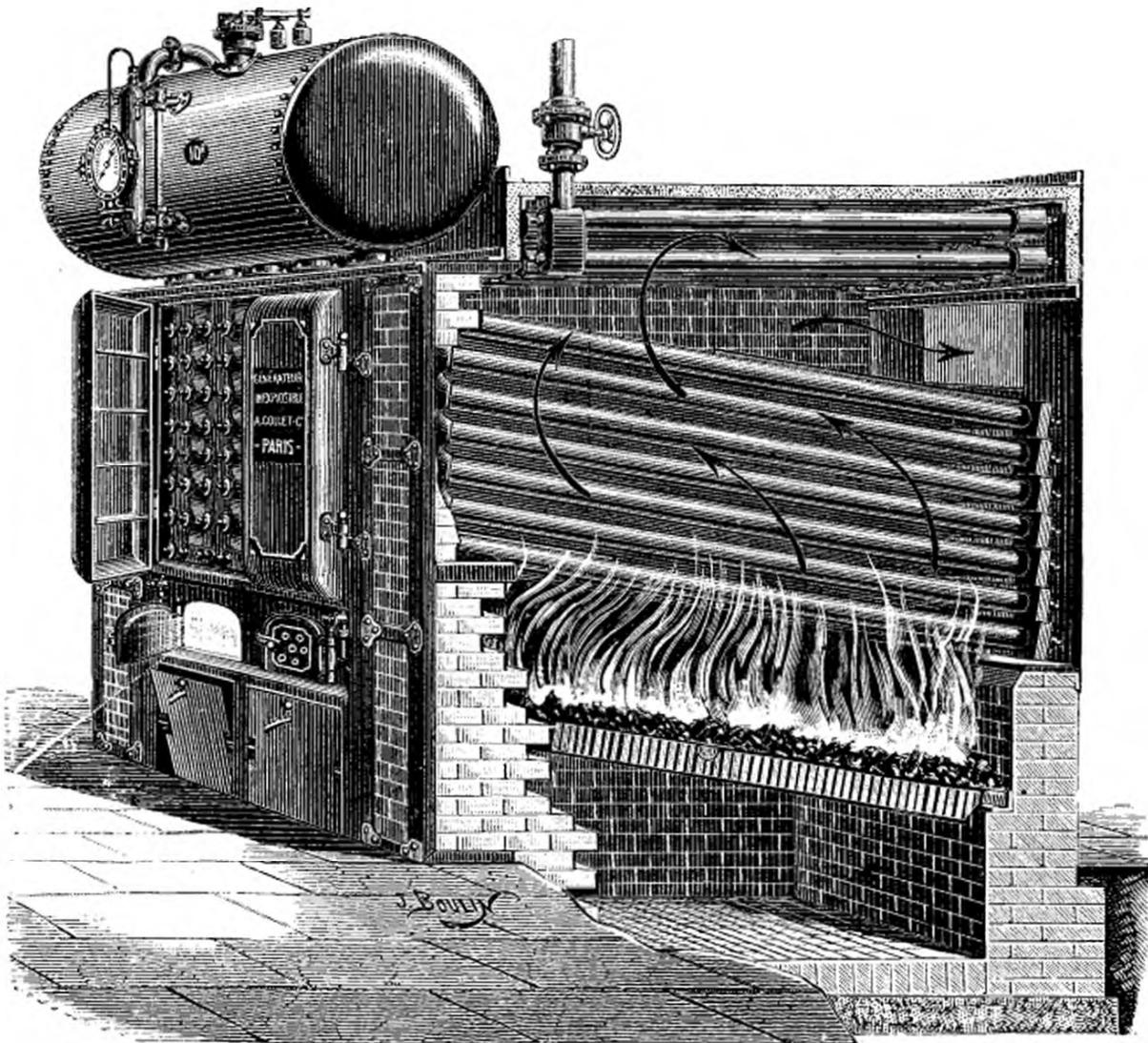


FIG. 2.— GÉNÉRATEUR, SYSTÈME COLLET, VUE INTÉRIEURE EN PERSPECTIVE

Dans les cas où la capacité du réservoir est reconnue insuffisante, on peut, afin d'augmenter le volume d'eau, lui adjoindre un deuxième réservoir placé parallèlement avec le premier ou bien en T sur lui.

Le faisceau tubulaire complet repose à l'arrière sur une plaque d'épaisse tôle

fixée sur la maçonnerie. A l'avant il est soutenu par une traverse en fonte faisant corps avec la devanture.

Le générateur Collet est complété par la série des accessoires ordinaires communs à tous les appareils à vapeur, savoir : grille, portes du foyer et du cendrier, portes à l'avant et à l'arrière pour la visite et le nettoyage des tubes, appareils de sûreté et d'indication sur le réservoir supérieur, enfin prise de vapeur au dessus de ce réservoir et série de tubes sécheurs placés au dessus du faisceau tubulaire.

Le dessin qui accompagne cette note indique suffisamment la disposition et la fonction de chacune de ces parties.

Le fonctionnement du générateur Collet est des plus simples. La circulation de l'eau et de la vapeur s'explique aisément.

L'eau d'alimentation arrive tout d'abord dans le réservoir supérieur d'eau et de vapeur où elle subit un commencement de vaporisation et où les sels tenus en suspension sont précipités. Cette eau, peu échauffée, pénètre dans les tubes intérieurs en descendant en vertu de sa plus forte densité dans la chambre d'avant de chaque collecteur.

L'eau parcourt les tubes intérieurs de chaque élément vaporisateur, de l'avant à l'arrière. Elle arrive à l'extrémité de ces tubes et remonte en se vaporisant dans l'espace annulaire compris entre les deux tubes concentriques. La vapeur engendrée dans ce parcours monte par la partie arrière de chaque collecteur et débouche au réservoir de vapeur par l'intermédiaire d'un conduit à large section qui monte à peu près jusqu'au tiers du diamètre de ce réservoir.

La vapeur, dégagée au plan d'évaporation, s'échappe par un conduit placé à la partie supérieure du réservoir et circule dans une série de tubes sécheurs disposés en forme de serpent. Elle sort de ce dernier système aussi sèche que possible, prête à être employée.

On voit que, par suite de l'ensemble de ces combinaisons, toute la surface de chauffe est vaporisatrice d'une façon absolue. En effet, le retour d'eau se fait, non dans une capacité en contact direct avec les gaz de la combustion, mais dans les tubes intérieurs qui en sont séparés par toute la masse d'eau à vaporiser. Cette disposition permet donc une meilleure utilisation du calorique produit.

L'alimentation ordinaire de chaque vaporisateur est assurée par la séparation absolue, au moyen de la cloison médiane des collecteurs, des deux courants inverses de l'eau et de la vapeur.

On comprend en effet qu'il ne puisse se produire de rencontre entre les deux masses en mouvement, ce qui supprime d'une façon radicale tout danger de remous, tout ralentissement dans la circulation, et par suite toute entrave à l'alimentation.

On ne craint pas, à cause de ce dispositif, la formation de poches de vapeur

produites par la difficulté de la circulation. On y est ainsi à l'abri de toute avarie causée par l'action du feu sur les tubes.

La vapeur a un dégagement assez librement assuré par les grandes dimensions des sections d'écoulement. Cette condition de marche, jointe à la constance de la direction de la vapeur engendrée, fait qu'il n'y a pas à redouter de production brusque ni de soulèvements tumultueux dans la masse d'eau du réservoir supérieur.

Le calorique développé dans le foyer est, dans le générateur Collet, aussi bien utilisé que possible. La rapidité de la circulation et la facilité avec laquelle se font les déplacements des deux fluides dans l'appareil, font qu'il s'établit un échange très actif de température entre l'eau et les produits de la combustion.

Le foyer est très large et s'étend sous la totalité du faisceau tubulaire. Les tubes sont donc soumis à un chauffage uniforme. La masse des tubes et leur disposition relative occasionnent un mélange complet des gaz du foyer, et leur refroidissement aux limites désirables quand ils sont abandonnés au carneau de la cheminée.

Les sels précipités au moment du réchauffage se déposent, sous forme de boues, en deux endroits : d'abord dans la poche inférieure de chaque collecteur ; ensuite sur la paroi des tubes intérieurs de chaque élément. Les dépôts laissent ainsi intactes les surfaces internes des tubes vaporisateurs, ce qui conserve la valeur de la conductibilité du métal dont ceux-ci sont formés.

Les essais, faits à diverses occasions sur les générateurs, système Collet et C<sup>ie</sup>, ont montré qu'on pouvait compter, avec leur emploi, sur un rendement moyen de 8 kil.,500 de vapeur par kilogramme de charbon brûlé.

Le nettoyage extérieur du générateur Collet se fait, comme dans les autres systèmes, au moyen d'un jet de vapeur envoyé par une lance à main. Il est d'une certaine facilité.

Le nettoyage intérieur de l'appareil vaporisateur consiste à vidanger la boîte réunissant les collecteurs à la partie inférieure. C'est toujours dans cette capacité que s'accumulent la plupart des dépôts boueux.

Les tubes intérieurs de retour d'eau ne contiennent de ces dépôts que dans le cas où les eaux employées pour l'alimentation sont chargées elles-mêmes d'une forte proportion de produits calcaires.

Les tubes intérieurs sont alors nettoyés au moyen de la lance ou de l'écouvillon métallique. Il n'y a, pour faire cette opération, qu'à défaire les joints des bouchons d'avant des collecteurs et à sortir les tubes à visiter.

La construction du générateur Collet est l'objet de soins particuliers. Elle est entièrement mécanique. Toutes les pièces semblables, nécessitant les mêmes travaux, faits par les mêmes procédés, sont interchangeableables. Le montage général est peu compliqué et n'exige pas de soins spéciaux. Les premiers ouvriers venus peuvent en être chargés.

Les tubes vaporisateurs sont d'une épaisseur qui, comparée au diamètre est assez forte. Ces tubes présentent, en effet, une grande résistance à la pression ordinaire à laquelle ils sont soumis. Le réservoir supérieur d'eau et de vapeur est construit en tôle de fer de très bonne qualité. Comme cette partie du générateur ne subit en aucune façon l'action du feu, on peut avoir confiance en ses services.

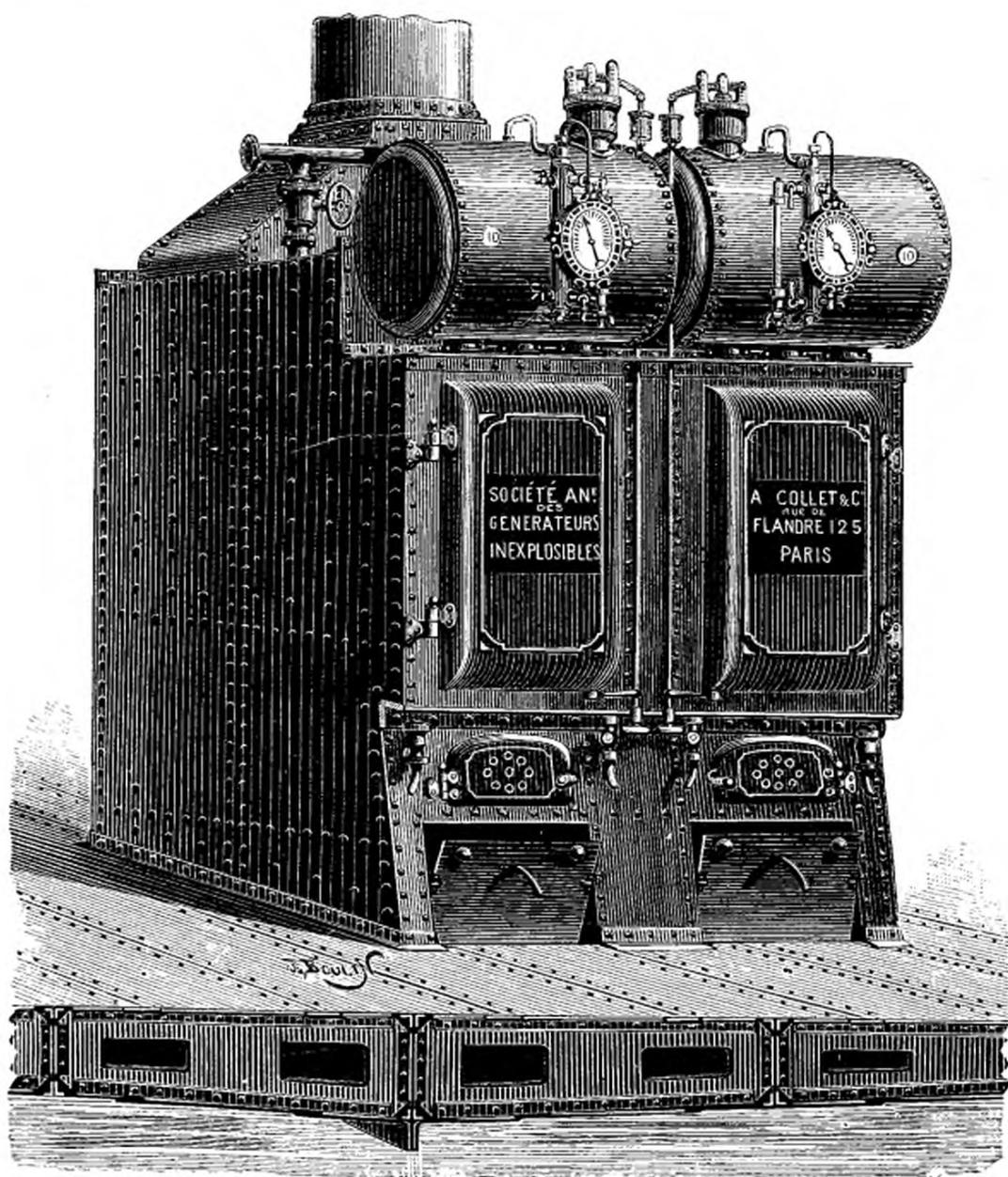


FIG. 3. — ENSEMBLE DE DEUX GÉNÉRATEURS, SYSTÈME COLLET, TYPE MARIN

Les tubes vaporisateurs présentent l'avantage évident de pouvoir se dilater séparément et avec la plus grande facilité. Ils ne sont en effet fixés sur la même

pièce qu'à l'avant. A l'arrière ils reposent simplement l'un sur l'autre, mais sans la moindre contrainte.

Les joints des différents tubes d'un même élément avec le collecteur d'avant, et le joint de ce collecteur avec le réservoir supérieur, laissent à l'ensemble du système une grande liberté de dilatation et une grande élasticité.

L'ensemble du système vaporisateur est soutenu par une charpente en tôles et cornières rivées ou boulonnées, et indépendantes de la maçonnerie.

Le générateur Collet, qui compte déjà plusisurs années d'existence, a reçu de nombreuses et importantes applications. Dans certaines intallations industrielles, il est très apprécié. Les usines d'éclairage électrique, le chauffage à la vapeur, a production de force motrice dans les ateliers, ont été, pour lui, autant d'occasions dans lesquelles son emploi a été adopté et où il a rendu d'importants services.

Disons enfin qu'il a été créé un type spécial du générateur Collet pour les applications à la marine.

Les plus importantes installations faites avec le générateur Collet sont situées à Paris. Les plus récentes sont :

Celle de 600 chevaux, dans la pile 3 de la Tour Eiffel, pour la force motrice des ascenseurs ;

Celle de 200 chevaux, pour la force motrice et l'éclairahe électrique de l'imprimerie de *la Presse* ;

Celle de 200 chevaux, pour la force motrice et le chauffage de l'usine Félix Potin ;

Celles de 80 chevaux du Nouveau Cirque ; de 100 chevaux, chez M. Lelièvre, fabricant de briquettes ; de 120 chevaux, du nouveau Lycée de Passy ; de 80 chevaux, du Ministère des travaux publics, etc., etc.

Dans les départements, on peut citer :

La Société Escaut-et-Meuse (MM. Laveissière et C<sup>ie</sup>), à Anzin, où un générateur Collet est chauffé par le calorique perdu des fours à souder (160 chevaux) ;

MM. Petit frères, Lobocey et C<sup>ie</sup> (160 chevaux), à Troyes ;

Ministère de la guerre, Poudrerie nationale de Vouges (force motrice : 80 chevaux) ;

Préfecture du Rhône (160 chevaux), etc., etc.

Les plus fortes installations faites à l'étranger, dans le cours de ces dernières années, sont les suivantes :

Éclairage électrique de l'Ephorie des hôpitaux civils de Bucarest (300 chevaux) ;

Force motrice à la Société française des mines d'Alchtala (Caucase) (200 chevaux) ;

Éclairage électrique de la Gran funda de Espana, MM. Llopis et C<sup>ie</sup>, à Valence (100 chevaux), etc., etc.

Nous donnons ci-après le compte rendu d'une expérience de vaporisation faite à l'Exposition internationale d'électricité en 1881, sur un générateur Collet de 70 chevaux.

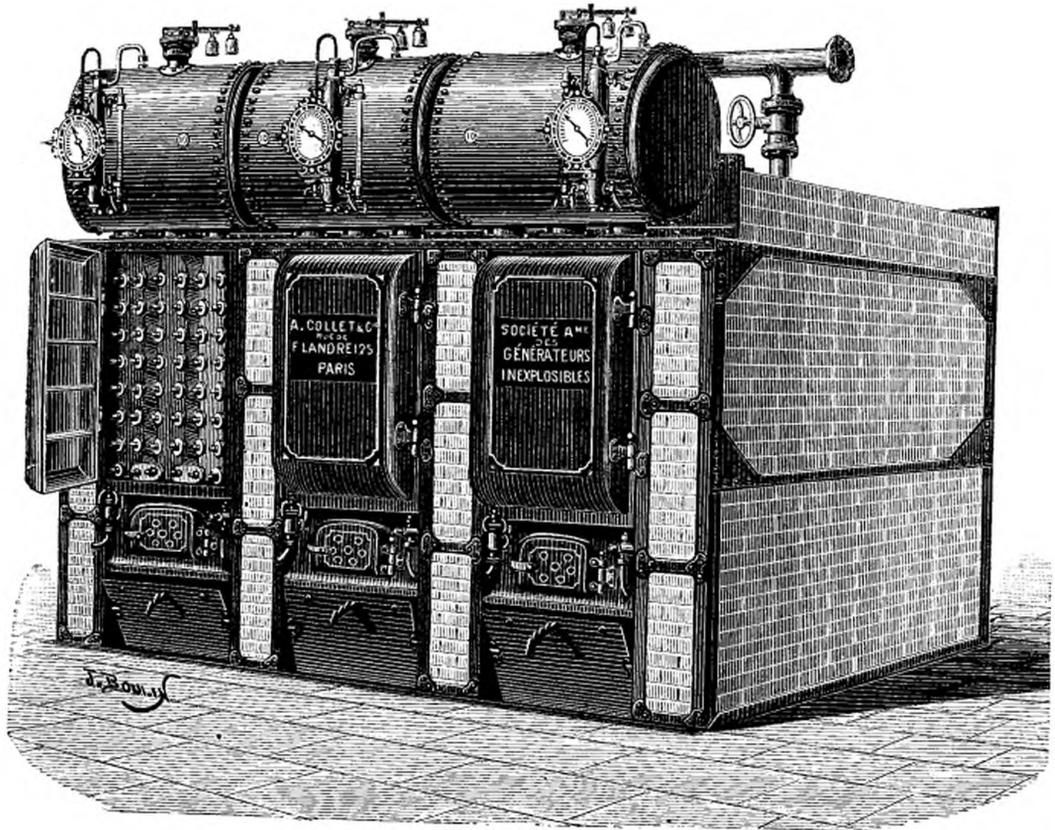


FIG. 4.— GROUPE DE TROIS GÉNÉRATEURS, SYSTÈME COLLET, TYPE INDUSTRIEL

Cette expérience a été conduite par M. Hippolyte Fontaine, président du Syndicat international des électriciens, et M. Abel Boisseau, chef du personnel de la même association.

Date de l'essai . . . . .	9 novembre 1881
Durée de l'essai . . . . .	7 heures
Volume d'eau consommé . . . . .	5080 litres
Charbon consommé . . . . .	580 kgs.
Cendres et mâchefers . . . . .	40 kgs.
Surface de chauffe . . . . .	30 mètres carrés.
Id. de grille . . . . .	1 <sup>m</sup> 2,23
Quantité de vapeur produite par kilogramme de charbon brut . . . . .	8 kgs. 750

Quantité de vapeur produite par kilogramme de charbon net, déduction faite des 40 kilogrammes de cendres et mâchefers . . . . .	9 kgs. 400
Moyenne de vaporisation par heure et par mètre carré de surface de chauffe. . . . .	24 kgs. 190
Pression moyenne pendant l'essai . . . . .	6 kgs.

Le charbon employé au cours de cette expérience était du tout venant d'Aniche.

Les constructeurs privilégiés du générateur A. Collet et C<sup>ie</sup> sont :

MM. Carion-Delmotte, à Anzin, pour la région du nord de la France ;

Et la Société Émile et Jules Halot et C<sup>ie</sup>, 53, rue Derosne, à Bruxelles, pour la Belgique.

## GÉNÉRATEURS DE VAPEUR

(Système Pressard)

(Planches 27 à 30)

---

Le générateur de vapeur, système Pressard, figurait à l'Exposition universelle à la Station centrale du Syndicat international des Electriciens.

Ce générateur était en activité et alimentait de vapeur l'une des machines motrices actionnant les dynamos de la station.

Le générateur Pressard est du système multitubulaire. Il est d'une plus grande simplicité. Nous allons d'ailleurs en donner une description sommaire, accompagnée de quelques planches.

Les parties principales et essentielles du générateur Pressard sont les suivantes :

- 1° Les tubes vaporisateurs inclinés ;
- 2° Les boîtes de raccordement des tubes.
- 3° Le réservoir supérieur d'eau et de vapeur ;
- 4° Le collecteur d'alimentation.

Deux tubes venant aboutir à la même boîte de raccord forment ce qu'on appelle un élément de vaporisation. La superposition en plan vertical d'un nombre plus ou moins considérable de ces éléments forme une série.

Le faisceau tubulaire du générateur Pressard est constitué par plusieurs séries de tubes. Ces tubes sont de deux diamètres différents.

Les deux rangées horizontales inférieures des tubes du faisceau sont composées de tubes en fer à gros diamètre. Cette différence de construction avec les rangées supérieures s'explique par cette raison que les tubes directement en contact avec les gaz du foyer ont une production de vapeur notablement supérieure à celle des tubes du haut et qu'il est nécessaire de donner à cette quantité de vapeur des sections de dégagement suffisantes. Il est en même temps utile de faciliter dans toute la mesure du possible le remplacement de la vapeur dégagée par l'eau arrivant des tubes supérieurs.

Cette disposition est avantageuse en ce sens qu'elle supprime les chances de formation de poches de vapeur dans les tubes inférieurs. La formation de ces poches est en effet fréquente dans les cas où le retour d'eau est gêné par le dégagement trop actif de la vapeur et où les veines fluides ont à subir des contractions et des étranglements trop considérables.

Les gros tubes vaporisateurs dont nous parlons sont disposés deux à deux, l'un au-dessus de l'autre exactement. De cette façon le tube inférieur reçoit l'action directe du foyer et produit une grande quantité de vapeur; le tube supérieur, masqué par le premier offre une production moindre et par suite un dégagement moins actif et une circulation moins rapide.

En vertu de cette disposition et par suite de la position inclinée des tubes, la vapeur formée dans le tube du bas se rend immédiatement au collecteur d'arrière B et cette vapeur est aussitôt remplacée par l'eau d'alimentation qui vient du réservoir A par le collecteur B et qui descend dans le tube supérieur de l'élément CC.

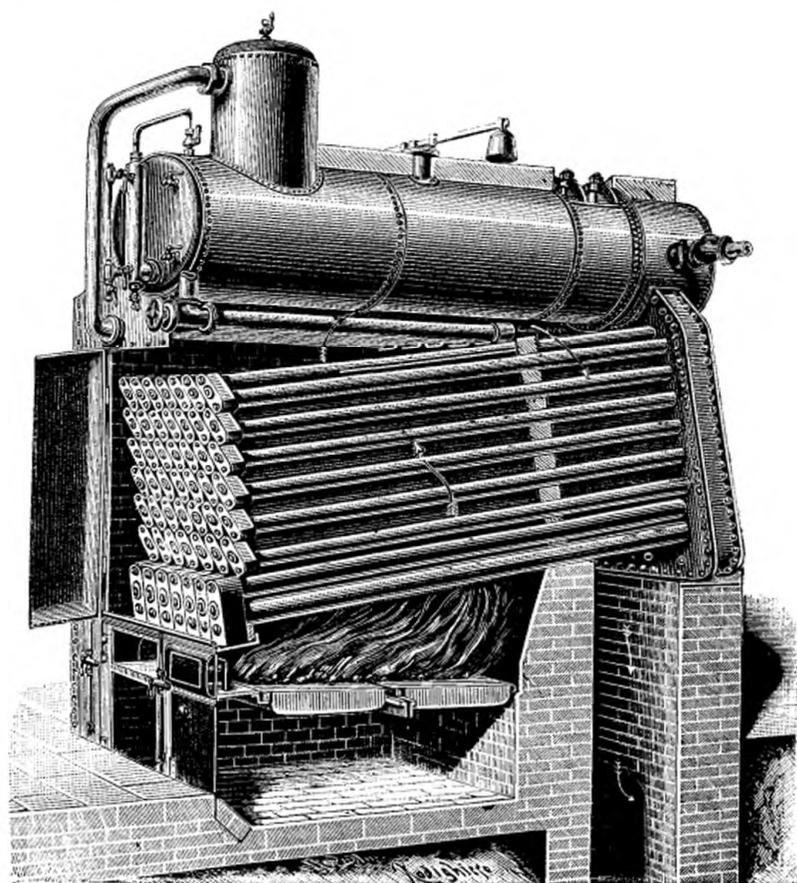


FIG. 1. — GÉNÉRATEUR, SYSTÈME PRESSARD

Il s'établit ainsi dans l'ensemble de l'élément considéré un courant continu de vapeur du tube inférieur dans le collecteur et un courant d'eau du collecteur dans le tube supérieur.

Les deux tubes jouent, de cette façon, celui du bas, le rôle de vaporisateur, celui du haut, le rôle de réchauffeur et de tube de retour d'eau. En effet, bien que ce dernier soit dans une partie chaude du générateur, la vapeur qui y est formée possède une très faible vitesse. L'eau qui le parcourt ne fait, en résumé, que s'y réchauffer avant d'arriver au contact du tube inférieur où elle se vaporise.

Les raisons qui ont conduit à placer les deux tubes de chaque élément inférieur, exactement superposés l'un à l'autre, ont été abandonnées en ce qui concerne les tubes des autres éléments.

En effet, si cette disposition était avantageuse au point de vue de la circulation intérieure elle devenait mauvaise pour l'utilisation du calorique développé dans le foyer. Les gaz de la combustion circulaient trop activement dans le faisceau tubulaire et, sortaient au carneau de la cheminée à une température trop élevée.

On a donc été conduit à adopter une position oblique pour chacun des éléments supérieurs ; ce dispositif, en outre du premier avantage de mieux utiliser les gaz du foyer, présente celui non moins appréciable de permettre de réunir sous un plus petit volume une plus grande surface de chauffe tubulaire. Les tubes sont ainsi groupés en quinconce, disposition avantageuse à tous égards.

Il est à remarquer que dans chaque élément vaporisateur, même dans ceux du haut de la chaudière, la circulation reste identique comme sens tout en diminuant un peu comme vitesse. Malgré la position oblique de chaque élément un des deux tubes est toujours plus chauffé que l'autre puisqu'il est plus près du foyer.

Le principe de la circulation subsiste donc, quel que soit l'élément considéré.

L'examen de la coupe longitudinale de l'appareil complet montre que l'élément C étant celui où la production est la plus active, est aussi celui où les dépôts calcaires s'accumuleront avec le plus de facilité.

D'autre part, la rapidité de la circulation dans cette partie du générateur enlevant toute crainte d'incrustation dans les tubes, on voit que les boues et les impuretés de toutes natures ne peuvent que s'accumuler au point bas de l'élément.

Afin de maintenir l'ensemble dans un complet état de propreté, les boîtes de raccordement D, de ces tubes sont construites de façon à présenter à leur partie inférieure une chambre de dépôts. Ces dépôts peuvent dès lors, à intervalles quelconques, être extraits sous pression par les robinets de vidange E disposés dans ce but sur la face avant et au bas de chaque boîte.

Une partie seulement des dépôts calcaires vient s'accumuler dans les boîtes inférieures d'avant. Une autre partie se rend au fond du collecteur d'arrière d'où ils sont extraits soit par les robinets de vidange et sous pression, soit par les autoclaves V.

La séparation des dépôts calcaires et de l'eau qui les tient en suspension est surtout facilitée dans le collecteur d'arrière par les changements de direction que subissent les deux fluides, eau et vapeur. Il est à noter que les incrustations des tubes sont tout à fait improbables en raison de l'activité de la circulation interne dans ces tubes.

On a appliqué dans le générateur Pressard le système aujourd'hui reconnu si efficace, qui consiste à injecter dans la vapeur même, l'eau d'alimentation envoyée dans l'appareil.

A cet effet, on dirige la tubulure communiquant avec l'injecteur ou la pompe alimentaire, à la partie inférieure du fond d'avant du réservoir. L'eau froide parcourt ensuite dans un tuyau toute la longueur de ce réservoir. Elle arrive enfin à la partie postérieure à un ajutage d'où elle s'échappe en pluie dans la vapeur d'une chambre spéciale.

Cette opération, comme dans les autres systèmes de générateurs a pour but et pour effet de dépolluer, sous l'influence de la haute température, l'eau d'alimentation de la plus grande partie des sels qu'elle contient.

Ces sels restent alors en suspension dans l'eau ; ils sont entraînés par la circulation et conduits par une simple action mécanique aux points désignés plus haut. Leur séparation chimique est un fait acquis dès l'injection de l'eau dans la vapeur du réservoir.

Le réservoir supérieur d'eau et de vapeur est construit en tôle de fer ou d'acier suivant les pressions auxquelles il doit être soumis. Il est placé dans le sens longitudinal de la chaudière dans l'axe et au-dessus du faisceau tubulaire. Il est raccordé au moyen d'un joint rivé avec le collecteur d'alimentation à l'arrière.

Le réservoir d'eau et de vapeur peut avoir des dimensions et une forme quelconques. En général il a la longueur de la chaudière et la forme cylindrique. Son diamètre dépend des services qu'on attend du générateur. Il est évident que s'il s'agit de consommations brusques de vapeur, il est nécessaire de disposer d'un volant de chaleur et d'une réserve assez considérables. Ces deux points sont réalisables à la condition d'avoir un réservoir de grande capacité.

Le réservoir d'eau et de vapeur est surmonté d'un dôme rivé portant à sa partie supérieure la tubulure de prise de vapeur. Cette prise de vapeur correspond à un serpentin formé d'une suite de tubes en fer et disposé à la partie supérieure du faisceau tubulaire.

La vapeur parcourant ce sécheur à la sortie du dôme, se trouve légèrement surchauffée et arrive à la valve prête à être utilisée dans les meilleures conditions.

Il est bon de remarquer que le dôme de prise de vapeur est placé aussi loin que possible de l'orifice supérieur du collecteur, c'est-à-dire du point de dégage-

ment de la vapeur à sa sortie du faisceau tubulaire. La siccité de la vapeur peut donc être aussi complète que possible.

En outre de la disposition en quinconce adoptée pour les tubes, afin d'arriver à une parfaite utilisation du calorique des gaz du foyer, le dessin montre que le faisceau tubulaire a été divisé en deux parties par une cloison K. La première partie, la plus grande, est placée directement au dessus du foyer et profite de la plus grande partie du calorique développé. Un écran L, reposant sur les tubes supérieurs, oblige les gaz à passer par la partie avant du faisceau pour venir ensuite lécher les tubes du sécheur H et chauffer la partie inférieure du réservoir d'eau et de vapeur. Les gaz font enfin retour à l'arrière de la cloison K en se dépouillant d'une nouvelle quantité de calorique. Ils sont alors abandonnés à la cheminée.

On voit que cette série de dispositions spéciales a pour effet d'opérer un mélange plus complet des gaz du foyer en augmentant la longueur du parcours qu'ils effectuent dans la masse du faisceau tubulaire. Le rendement du générateur subit de ce fait une augmentation notable.

Le démontage et la visite des diverses parties du générateur Pressard se font avec une certaine facilité.

Tous les tubes sont démontables sans qu'il résulte de cette opération aucune détérioration. A cet effet, ils sont pourvus à l'arrière du côté du collecteur d'alimentation d'un boulon à fourche N rivé sur le tube et traversant de part en part le collecteur B. La face arrière de ce collecteur sert alors de point d'appui pour le serrage de l'écrou de chaque boulon. A l'avant, les tubes portent des boulons à pattes m également rivés sur les tubes et traversant les boîtes D et G de raccordement; la disposition de ces boulons a été adoptée afin qu'on puisse visiter les tubes et pour que les boîtes D et G puissent être pourvues d'un tampon autoclave V, offrant toute sécurité.

Les tubes sont coniques à leurs extrémités. Ils sont emmanchés à force et les joints sont faits sans l'interposition d'aucune matière plastique. On obtient ainsi des joints d'une étanchéité satisfaisante.

Lorsqu'il s'agit de sortir un tube du collecteur d'arrière ou des boîtes de raccordement, il suffit de donner un coup de marteau sur l'extrémité du boulon, l'écrou ayant été préalablement démonté.

La visite du réservoir d'eau et de vapeur est facilitée par la présence d'un trou d'homme à la partie supérieure. Ce trou d'homme est fermé en temps ordinaire par un bouchon autoclave maintenu par deux étriers.

Le nettoyage extérieur du faisceau tubulaire se fait au moyen d'un jet de vapeur envoyé par une lance à main.

La chaudière comporte, en outre des parties essentielles dont nous venons de parler, les organes ordinaires de tous les générateurs analogues, savoir :

1° Une enveloppe métallique M, en tôles et cornières, qui sert de suspension à la chaudière et contre laquelle est appuyée la maçonnerie ;

2° Des portes N permettant la surveillance des raccords des tubes et le nettoyage du faisceau tubulaire.

Le foyer O et son cendrier P sont munis de portes et les maçonneries qui les constituent sont en briques réfractaires Q ou en briques ordinaires R.

Le conduit de fumée S se rendant à la cheminée est construit en briques ordinaires. Il n'est d'ailleurs soumis qu'à une température peu élevée.

Citons, pour terminer cette description, les appareils de sûreté exigés par les règlements. Ces appareils sont placés sur le corps du réservoir cylindrique. L'indicateur du niveau d'eau et le manomètre sont disposés sur le fond d'avant de ce même réservoir.

La construction du générateur fixe, système Pressard, comprend vingt types dont les caractéristiques importantes sont condensées dans le tableau ci-dessous :

NUMÉROS	PRODUCTION de vapeur sèche par heure	SURFACE de chauffe totale	FORCE en chevaux	EMPLACEMENT OCCUPÉ		
				Longueur	Largeur	Hauteur
	kg	m <sup>2</sup>				
1	50	3.60	3 à 5	1m30	0.57	1.70
2	75	5.30	5 à 7	1.30	0.70	1.70
3	100	7.61	6 à 9	1.30	0.82	1.70
4	145	10.30	9 à 14	1.30	0.80	1.93
5	205	14.50	13 à 20	1.30	0.95	2.05
6	225	16.57	15 à 22	1.69	1.17	2.65
7	280	20.33	18 à 28	1.69	1.30	2.65
8	335	24.39	22 à 33	1.69	1.42	2.65
9	395	28.44	26 à 39	1.69	1.55	2.65
10	450	32.19	30 à 45	1.69	1.67	2.65
11	575	40.82	38 à 57	2.90	1.40	3.15
12	710	50.10	47 à 71	2.90	1.55	3.15
13	860	60.22	57 à 86	2.90	1.70	3.15
14	1005	70.32	67 à 100	2.90	1.86	3.15
15	1140	79.62	76 à 114	2.90	2.02	3.15
16	1010	71.37	67 à 101	4.00	1.71	3.85
17	1250	87.47	83 à 125	4.00	1.89	3.85
18	1505	105.06	100 à 150	4.00	2.07	3.85
19	1765	122.66	117 à 176	4.00	2.25	3.85
20	2000	138.80	133 à 200	4.00	2.43	3.85

Les numéros 1, 2, 3, 4 et 5 de cette nomenclature sont du type transportable ; ils peuvent être mis en marche dès qu'ils sont arrivés à destination. Ils n'exigent

aucun montage, aucune construction préalable et possèdent une enveloppe entièrement métallique.

Le générateur Pressard a reçu jusqu'à ce jour un certain nombre d'applications intéressantes. Citons celle du « Syndicat international des Électriciens » où un seul générateur fournissait 710 kilogs de vapeur à l'heure ; l'installation d'un générateur de même puissance chez MM. Sand et C<sup>ie</sup>, fabricants de carreaux céramiques, à Feignies (Nord) ; celle de deux générateurs fournissant ensemble 1765 kilogs de vapeurs chez MM. Peters et C<sup>ie</sup>, fabricants de sucre à Verberie (Oise), etc., etc.

Il a été fait du générateur Pressard une étude spéciale au point de vue de l'application à la marine.

Le type industriel transportable est construit jusqu'à concurrence d'une surface de chauffe totale de 30 mètres carrés. Ce modèle spécial est alors démontable en pièces ne pesant pas plus de 70 kilogrammes. Il peut donc être amené et monté dans les endroits les moins accessibles, par les plus mauvais chemins.

Les seuls concessionnaires privilégiés pour la construction du générateur Pressard sont :

M. Ch. Cavé, à Louvroil (Nord), pour le Nord de la France ;

Et MM. Baechlé et C<sup>e</sup>, à Vienne (Autriche), pour l'Autriche-Hongrie.

---

## GÉNÉRATEURS DE VAPEUR (Système Terme & Deharbe)

(Planches 31 et 32).

---

Le générateur Terme et Deharbe a déjà plusieurs années d'existence. Il a été présenté à l'Exposition de 1887, à Paris, où il a d'ailleurs obtenu son premier succès.

Le générateur Terme et Deharbe est du système multitubulaire à séries verticales d'éléments. Il présente avec les autres systèmes de générateurs, des différences assez marquées en ce qui touche le mode adopté pour la circulation intérieure. Nous allons examiner ces particularités.

Le générateur, système Terme et Deharbe, figurait en activité à l'Exposition universelle de 1889. Il alimentait de vapeur, d'une part certaines machines de la Station centrale du Syndicat international des électriciens, de l'autre une partie des machines de la station centrale de la Société l'*Éclairage Électrique*. Cette station, munie de machines motrices, système Lecouteux et Garnier, était située sur la berge de la Seine près de l'annexe de la classe 52, en aval du pont d'Iéna.

Dans la première installation figurait un seul générateur Terme et Deharbe ; dans la seconde en figuraient trois, aidés dans leur tâche par deux générateurs système Roser qui coopéraient également à l'alimentation en vapeur de la station.

Le groupement des tubes du faisceau tubulaire est, dans la chaudière Terme et Deharbe, entièrement différent de celui des autres générateurs.

Il n'y a pas de séries verticales de tubes mais bien plusieurs séries d'éléments de tubes.

Chaque série est composée d'un certain nombre d'éléments superposés.

Chaque élément est constitué par trois tubes réunis dans une boîte spéciale à l'avant de la chaudière. Ces trois tubes communiquent à l'arrière avec une caisse rectangulaire appelée collecteur vertical. Toutefois les trois tubes de l'élément ne conservent pas sur tout leur parcours une direction parallèle. Les deux tubes supérieurs s'élèvent parallèlement de la boîte d'avant au collecteur d'arrière. Le tube inférieur, au contraire, s'incline de l'avant à l'arrière.

L'élément ainsi formé constitue un système divergent dans lequel a lieu la circulation de l'eau.

Le croquis schématique qui figure, planches 31-32 en fera comprendre la

disposition. On voit que les trois tubes de l'élément forment les arêtes d'une sorte de pyramide triangulaire dont la base verticale est sur la paroi du collecteur vertical d'arrière dans lequel ces tubes débouchent.

Le sommet de la pyramide est une pièce spéciale en forme d'U qui reçoit les adductions des trois tubes A, B, C.

Si donc l'ensemble du collecteur d'arrière, des tubes et de la boîte d'avant est rempli d'eau et exposé à l'action d'un foyer, la production de vapeur déterminera une circulation dans le sens indiqué par les flèches, la vapeur formée parcourra l'ensemble des trois tubes et sera remplacée par une nouvelle quantité d'eau à une température inférieure. L'eau entrera ainsi par le bas du tube C et sortira par le haut des tubes A et B dans le collecteur d'où elle se rendra au réservoir où elle devra être prise.

Toute la construction de la chaudière Terme et Deharbe est basée sur ce principe de circulation.

Un certain nombre d'éléments semblables à celui que nous avons décrit sont superposés pour former une série. On voit que chaque élément possède à l'avant de la chaudière une boîte spéciale et qu'il ne communique avec aucun autre. Au contraire, à l'arrière tous les tubes des éléments d'une même série débouchent dans un même collecteur vertical.

Afin de ménager l'emplacement occupé par une série verticale d'éléments, la boîte de communication d'avant ou boîte mère est construite de telle façon qu'entre les deux tubes supérieurs parallèles il existe l'écartement nécessaire au passage du tube inférieur de l'élément superposé.

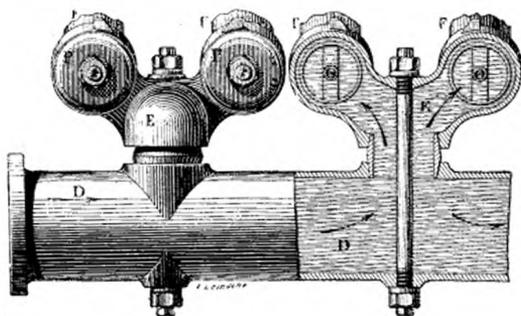


FIG. 1. — JOINTS DES BOITES-MÈRES INFÉRIEURES AVEC LE COLLECTEUR D'ALIMENTATION.

Ce dispositif permet d'enclaver l'un dans l'autre les différents éléments d'une même série et par suite de réduire l'emplacement général du faisceau tubulaire.

Chaque série d'éléments possède donc son collecteur spécial. Ce collecteur communique à la partie supérieure avec l'arrière d'un réservoir d'eau et de vapeur placé dans l'axe et au-dessus du faisceau tubulaire. La communication est établie

au moyen de conduits à large section par lesquels passe la totalité de la vapeur produite dans l'appareil.

Les boîtes-mères de la rangée horizontale inférieure de tubes affectent une forme spéciale. Cette forme est nécessitée par la communication qui doit exister entre chaque élément inférieur et un collecteur horizontal d'alimentation.

La figure 1, qui accompagne le texte de cette note montre suffisamment comment cette communication est établie, ainsi que le sens de la circulation qui prend naissance dans cette partie de l'appareil.

La figure 2 représente la coupe d'une des boîtes-mères ordinaires qui forment à l'avant de la chaudière la jonction des trois tubes d'un même élément.

Les détails de construction relatifs à la jonction des tubes et à la communication des éléments inférieurs avec le collecteur horizontal d'alimentation semblent avoir été très soigneusement étudiés :

Les boîtes-mères sont construites en fonte malléable ; chaque tube porte, à son extrémité un renflement, venu de forge et ajusté en forme de cône. Ce travail de tour doit être fait avec la plus grande précision possible.

La boîte de son côté présente des alésages coniques dans lesquels s'engagent les extrémités tournées des tubes.

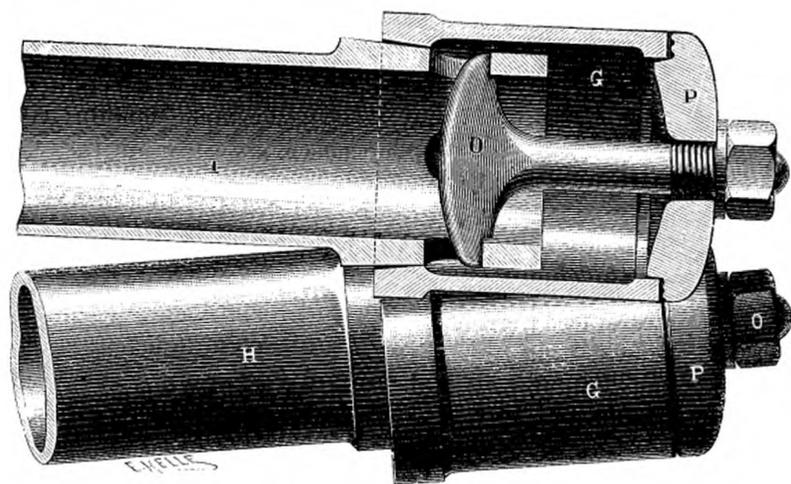


FIG. 2. — JOINT DES TUBES

Le cône du tube est plus aigu que celui de l'alésage de l'orifice qui le reçoit. Cette disposition permet au tube de prendre une inclinaison différente de celle qu'il doit avoir, sans que le joint en soufre ou que son étanchéité soit moins complète. Il résulte de ce fait une facilité de montage considérable et une sécurité complète, quant à l'efficacité du joint.

On trouve en outre l'avantage de pouvoir faire monter tous les éléments de la chaudière par le premier ouvrier venu, ce qui en maints cas est une nécessité.

Un tube quelconque peut être remplacé en une heure. Le joint dont nous venons de donner l'indication est entièrement métallique. Il n'exige le secours de mastics d'aucunes sortes.

Pour faire ce joint, on introduit dans les trous pratiqués sur le bout du tube les branches du boulon à ancre O, on place le bouchon P sur la boîte G avec interposition d'une rondelle d'amiante. Il suffit alors de serrer l'écrou du boulon à ancre. Le joint obtenu est très satisfaisant.

Ce mode d'attache est appliqué de la même façon à l'autre extrémité des tubes, à leur raccordement avec les collecteurs verticaux d'arrière.

Ces collecteurs sont constitués par des boîtes en forme de parallépipèdes, en tôle soudée sans aucune rivure. Ils sont renforcés par une série d'entretoises en cuivre vissées et rivées qui ont surtout pour but de s'opposer à la déformation provenant du serrage des boulons à ancrés.

Il est à remarquer que dans cette chaudière la dilatation du faisceau tubulaire n'est aucunement gênée. Par suite, il ne peut se produire de détérioration dans les joints cônes ni dans aucun raccordement.

L'alimentation se fait dans le réservoir supérieur d'eau et de vapeur. L'eau froide envoyée par la pompe alimentaire est projetée sous forme de pluie dans la vapeur même. On obtient ainsi une rapide élévation de température de l'eau d'alimentation et la précipitation immédiate des sels calcaires contenus en dissolution dans cette eau.

Le réservoir supérieur d'eau et de vapeur est en général de grandes dimensions. Cette condition est la cause d'une grande stabilité dans la pression et aussi d'une grande régularité dans la marche du générateur.

Le réservoir est généralement en tôle de fer rivée, avec deux fonds emboutis également rivés. Le fond d'arrière porte la communication avec les différents collecteurs verticaux. C'est par cette communication en fonte à gros diamètre que se dégage toute la vapeur formée dans le faisceau tubulaire.

Le fond d'avant porte l'indicateur de niveau et le tuyau de raccordement du manomètre.

A la partie supérieure du réservoir se trouve un trou d'homme pour la visite et le nettoyage intérieurs. Ce trou d'homme est fermé par un autoclave maintenu par deux étriers en fer forgé.

Le réservoir d'eau et de vapeur porte encore sur sa partie cylindrique les appareils de sûreté, soupapes et sifflet d'alarme. Il est enfin surmonté d'un dôme de vapeur en tôle rivée sur lequel sont faits les branchements de prises de vapeur. Le dôme est placé à la partie antérieure de la chaudière, tandis que le dégagement de la vapeur se fait à l'arrière. De cette manière la vapeur produite au plan

d'évaporation a le temps, dans son parcours, de se débarrasser des molécules d'eau qu'elle peut porter encore en suspension.

A l'avant de la chaudière, le réservoir supérieur d'eau et de vapeur porte un large tuyau en fonte qui descend sur le côté de la façade jusqu'à une bouteille d'épuration également en fonte.

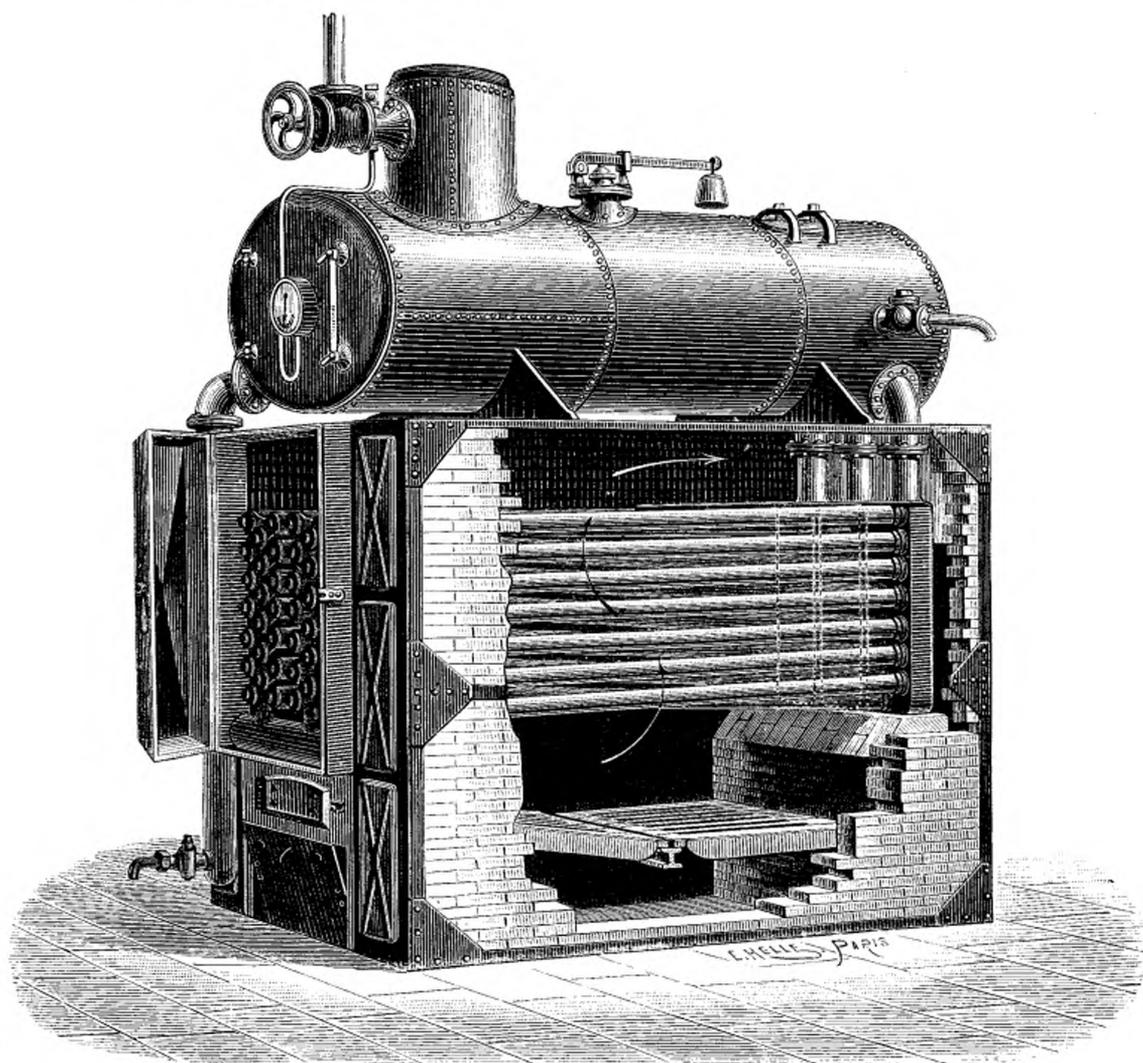


FIG. 3. GÉNÉRATEUR VAPORISANT 1200 KG. D'EAU A L'HEURE (ÉCHELLE AU 1/40)

Ce tuyau est mis en communication par une tubulure à grand diamètre avec le collecteur horizontal d'alimentation. C'est par ce circuit à large section d'écoulement que s'effectue le retour d'eau dans les éléments.

On comprend, en effet, qu'il ne faut pas compter pour ce retour d'eau ou tout au moins qu'il ne faut compter que dans une certaine mesure, sur les collecteurs verticaux d'arrière de chaque élément.

Il se produit, dans la masse d'eau de ces collecteurs un courant ascendant de vapeur d'une vitesse assez grande : le retour d'eau dans les éléments n'est donc pas pratique de ce côté.

L'eau envoyée dans le réservoir supérieur d'eau et de vapeur par la pompe alimentaire ou par l'injecteur gagne en raison de sa forte densité, les régions inférieures du réservoir. Elle s'écoule par la colonne en fonte qui la conduit au collecteur d'alimentation et de là se répand dans les éléments inférieurs où elle subit une prompte vaporisation. Le courant de vapeur se dirige vers les collecteurs verticaux d'arrière et s'élève directement au dégagement. L'eau entraînée dans ce mouvement se trouve appelée par les tubes des éléments supérieurs. Elle traverse donc le circuit complet des éléments d'une même série en se vaporisant peu à peu.

On voit que dans la chaudière Terme et Deharbe, l'alimentation des éléments est toujours librement assurée. De plus, la vapeur produite trouve toujours une issue et un dégagement facile. On peut donc être sans crainte en ce qui concerne la formation des poches de vapeur.

La circulation ayant lieu dans un milieu formé de tubes d'une même section et possédant la même pente ascensionnelle, on comprend que la production soit dans cette chaudière, d'une régularité et d'une continuité absolues.

Le foyer, a peu de chose près de la même profondeur que le faisceau tubulaire lui-même, est construit en briques ordinaires et porte seulement quelques revêtements réfractaires aux endroits les plus chauffés.

La grille est formée de deux longueurs de barreaux droits appuyées dans la partie médiane du foyer sur les deux ailes d'un fer T.

Le cendrier est vaste. L'accès de l'air y est très facile et peut être modéré suivant les besoins de la production, par le degré d'ouverture de la porte ; cette porte en tôle oscille en son milieu autour d'un axe horizontal ; elle peut être retenue à l'ouverture convenable au moyen d'un arc-crémaillère.

Toutes les surfaces de chauffe peuvent être visitées et entretenues de l'intérieur comme de l'extérieur. Le ramonage du faisceau tubulaire se fait comme dans les autres systèmes au moyen d'un jet de vapeur envoyé par une lance à main. Le nettoyage intérieur des tubes est facilité par la disposition des bouchons plats qui sont fixés en face de chacune de leurs ouvertures. Ces bouchons sont tout d'abord enlevés ; on peut alors procéder au lavage complet des éléments.

On a vu que le tuyau de retour d'eau situé à l'avant et sur le côté de la chaudière se terminait par une bouteille en fonte. Dans cette partie de l'appareil, la vitesse de circulation de l'eau est excessivement faible, il s'ensuit que les dépôts calcaires doivent s'y accumuler. En effet, à chaque arrêt on peut ouvrir le robi-

net de vidange situé au bas de la bouteille : toutes les impuretés et les boues s'écoulent par cette issue.

Le nettoyage intérieur des éléments, par suite de cette disposition, se réduit donc à fort peu de chose.

La chaudière Terme et Deharbe, en outre des parties que nous avons décrites ou indiquées, se compose encore de la série des organes ordinaires de toutes les chaudières, savoir : façade, portes en fonte à l'avant pour le foyer et pour le faisceau tubulaire, portes en tôle à l'arrière pour la visite des collecteurs, suspension en fers profilés pour soutenir le réservoir, etc.

L'appareil est enfin renfermé dans une enveloppe en maçonnerie entièrement indépendante de la partie métallique.

On peut même construire à l'avance cette maçonnerie et disposer ensuite les éléments. Le montage est alors très simple et très rapide.

Quelques jours suffisent largement à cette opération qui peut être fait sans le concours d'ouvriers spéciaux.

Les générateurs Terme et Deharbe sont exploités aujourd'hui par une société anonyme coopérative à capital variable dont les bureaux et les ateliers sont situés à Paris, 81, boulevard Voltaire.

La Société a concédé ses brevets à sept constructeurs français :

MM. Debiaune et C<sup>ie</sup> à Lyon-Vaise, pour la région Sud-Est de la France.

M. P. Villette, à Lille, pour la région du Nord.

MM. Renaux fils et Bonpain, à Rouen, pour la région du Nord-Ouest.

M. Delahaye, à Tours.

MM. Chanloux et C<sup>ie</sup>, à Bordeaux,

MM. Brouhot et C<sup>ie</sup>, à Vierzon.

M. Carpentier, à Paris.

Il a été créé du générateur Terme et Deharbe un modèle spécial pour la navigation maritime et fluviale. Ce modèle présente certaines particularités intéressantes : elles seront signalées dans l'étude ultérieure qui paraîtra dans cet ouvrage sur les chaudières marines.

Treize générateurs Terme et Deharbe fonctionnent sur les bateaux de la Compagnie des Bateaux-Parisiens. Chaque appareil fournit 800 kilogrammes de vapeur à l'heure.

Un générateur de 1500 kilogrammes à l'heure est installé à bord du remorqueur de Seine « le *Tape-Dur* », deux de 1200 kilogrammes sur deux bateaux de la Compagnie des Bateaux à vapeur de la Guadeloupe.

Les bateaux du Louvre possédaient quatre appareils produisant chacun 800 kilogrammes de vapeur à l'heure, etc., etc.

Les applications industrielles de la chaudière Terme et Deharbe, sont déjà extrêmement nombreuses.

M. Gillet à Lyon en a installé deux d'une production totale de 4000 kilogrammes à l'heure.

La Société électrique de Bordeaux possède un générateur de 1200 kilogrammes.

M. Weibel, fabricant de pâte à papier à Novillars en emploie quatre produisant chacun 2500 kilogrammes.

Enfin les générateurs Terme et Deharbe ont reçu dans le cours de ces dernières années d'intéressantes applications dans diverses industries : la Compagnie d'éclairage et de chauffage par le gaz à Paris, les bains Voltaire, l'établissement de M. Brouhon à Liège, le théâtre des Variétés de Marseille, etc., etc., en possèdent aujourd'hui des modèles dont la production horaire varie de 300 à 1300 kilogrammes.

La construction des générateurs Terme et Deharbe comprend 14 numéros pour le type industriel. Ces différents numéros offrent une production variant de 300 à 3000 kilogrammes à l'heure. Les emplacements qu'ils occupent sont résumés dans le tableau suivant :

NUMÉROS	PRODUCTION de vapeur par heure	EMPLACEMENT OCCUPÉ		
		Longueur	Largeur	Hauteur
1	200 kil.	1 <sup>m</sup> 51	1 <sup>m</sup> 35	2 <sup>m</sup> 95
2	300	1.51	1.35	2.95
3	400	1.81	1.35	2.95
4	500	2.31	1.35	2.95
5	600	1.81	1.67	2.95
6	700	2.21	1.67	3.15
7	800	1.81	1.99	3.15
8	1000	2.31	2.21	3.15
9	1200	2.21	2.53	3.15
10	1500	2.31	2.86	3.15
11	1800	2.41	3.17	3.15
12	2000	2.41	3.49	3.15
13	2500	3.30	3.49	3.15
14	3000	3.80	3.49	3.15

Nous donnons avec cette courte étude, les dessins d'un générateur Terme et Deharbe et quelques détails à plus grande échelle des parties intéressantes de l'appareil.

On trouve également, figure 3, la reproduction d'un cliché représentant à l'échelle du quarantième une chaudière vaporisant 1200 kilogrammes à l'heure.

La Société anonyme coopérative pour la construction de chaudières inexplosibles, a créé un type de chaudière multitubulaire qu'elle construit actuellement. Ce type se rapproche sensiblement du générateur Terme et Deharbe sur lequel il présente quelques avantages.

La Société s'est surtout appliquée, dans cette nouvelle étude, à chercher les moyens d'augmenter la vitesse de circulation ; elle y est arrivée en augmentant la pente des tubes du faisceau. Elle a également simplifié la construction en débarrassant les collecteurs verticaux d'arrière des boulons à ancre et des bouts de tubes dans lesquels s'attachent ces boulons.

Le nouveau type de chaudière comprend trois parties principales, savoir :

Le faisceau tubulaire.

Le réservoir d'eau et de vapeur et ses accessoires.

L'enveloppe guide de la maçonnerie.

Le faisceau tubulaire vaporisateur se compose d'autant de séries d'éléments qu'il est nécessaire pour la puissance de l'appareil.

Chaque élément est comme dans la chaudière Terme et Deharbe, composé de trois tubes formant une pyramide triangulaire dont la base est sur le collecteur vertical d'arrière et l'extrémité est terminée par une boîte à triple joint.

Les tubes qui constituent l'élément ont une inclinaison de huit centimètres par mètre.

Le tube inférieur est appelé tube nourrisseur. Il monte de l'arrière de la chaudière à l'avant où il aboutit à la première boîte triple.

De cette boîte partent deux autres tubes d'un diamètre égal à celui du premier tube, et par lesquels se dégage la vapeur formée dans le tube nourrisseur.

Ces deux tubes aboutissent au collecteur vertical dans la paroi duquel ils sont sortis.

Le collecteur vertical est constitué par une seule caisse rectangulaire formée de deux parois en tôle, rivées sur les ailes d'un fer U du commerce ; les deux tôles sont réunies en différents points de leur surface par des entretoises en nombre suffisant pour donner à l'ensemble toute la rigidité désirable. Les entretoises employées sont creuses et filetées à leurs deux extrémités. Un certain nombre d'entre elles, dans le cas où le collecteur est à l'avant de la chaudière, ont un diamètre assez fort pour laisser libre le passage de la lance à vapeur qui sert à nettoyer les tubes extérieurement.

Les extrémités des tubes sont assujetties à la face interne du collecteur au moyen d'un expanseur spécial qui les sertit dans les ouvertures préparées. En face chaque tube et dans la paroi extérieure du collecteur vertical est pratiquée une ouverture fermée en marche normale par un tampon rond à joint conique.

Les boîtes triples affectent les mêmes dispositions que celles de la chaudière Terme et Deharbe. Elles sont construites en fonte malléable et les extrémités des tubes sont serties dans les ouvertures qu'elles présentent. Toutefois les ferme-

tures, au lieu d'être faites au moyen de boulons à ancre, sont constituées par des autoclaves allongés dont le joint est assuré par du caoutchouc ou par toute autre matière plastique.

Le collecteur vertical affecte une forme telle qu'en son centre et à la partie inférieure se trouve ménagée l'ouverture pour les portes du foyer. De part et d'autre de ces portes le collecteur présente ainsi deux chambres dans lesquelles la vitesse de circulation de l'eau est pour ainsi dire nulle et où les dépôts calcaires et les impuretés viennent s'accumuler.

Ces deux chambres peuvent être visitées à tous les arrêts. On y accède au moyen d'autoclaves et les boues peuvent en être facilement retirées. Si la chaudière est constamment en marche on peut effectuer la vidange des dépôts au moyen de deux robinets placés à la partie inférieure des chambres d'épuration. L'opération est très rapidement faite et n'influe pas sur la marche de l'appareil.

Le réservoir cylindrique d'eau et de vapeur est placé transversalement à l'axe et à la partie supérieure de la chaudière. Il est en communication avec le collecteur vertical au moyen d'une tubulure rectangulaire à grande section maintenue par de forts boulons.

Une cheminée correspondant à chacun des éléments permet à la vapeur de se dégager avec facilité à la partie supérieure de la masse d'eau contenue dans le réservoir. Ce dispositif évite le barbotage de la vapeur dans les régions basses de ce réservoir où séjournerait toujours, malgré tout, quelques impuretés.

L'alimentation en eau, de la chaudière, se fait dans la chambre de vapeur du réservoir afin que la précipitation des sels calcaires puisse avoir lieu à la plus haute température possible. Du réservoir, l'eau d'alimentation déjà réchauffée, se rend dans le collecteur vertical de la chaudière au moyen de grosses conduites de descentes fixées à l'intérieur de ce collecteur et débouchent dans sa partie basse.

Les boues formées dans le réservoir sont entraînées par cette circulation de l'eau et viennent en grande partie se déposer dans les chambres latérales dont nous avons parlé.

L'eau d'alimentation est ainsi amenée depuis le réservoir jusqu'aux tubes inférieurs sans avoir besoin de passer dans la vapeur contenue dans l'eau de la partie supérieure du collecteur.

Les éléments inférieurs de la chaudière, sont de cette manière, alimentés d'une façon continue et rapide sans que cette alimentation nuise au courant ascendant de la vapeur dégagée.

La disposition adoptée pour l'alimentation des éléments inférieurs présente un double avantage au point de vue de la facilité de la circulation. D'abord les courants de sens contraires étant absolument séparés laissent à l'eau et à la vapeur leurs vitesses respectives sans altération; de plus la charge d'eau, qui est le principal facteur du mouvement dans les tubes inférieurs, au lieu d'être consti-

tuée par un mélange d'eau et de vapeur comprend seulement l'eau d'alimentation d'une densité notablement supérieure.

La circulation est ainsi très active, surtout dans les tubes du bas où l'eau est renouvelée sans cesse. Dans le reste du générateur, cette circulation est facilitée par la forte inclinaison des tubes et par la commodité du dégagement de la vapeur au réservoir. Le collecteur vertical présente en effet une très grande section d'écoulement et les courants qui s'y produisent ne sont contrariés par aucun obstacle.

Ajoutons, pour terminer cette partie de la nomenclature, que le réservoir d'eau et de vapeur porte les divers organes accessoires communs à tous les générateurs, savoir :

Niveau d'eau, robinets de jauge, soupapes de sûreté, prises de vapeur, robinets divers, autoclaves, clapet de retenue d'alimentation, etc.

Le faisceau tubulaire est supporté à l'avant par deux consoles en tôles et cornières et à l'arrière par la maçonnerie du fond du foyer.

Des cornières sur les côtés, à l'arrière et au-dessus forment le gabarit pour la construction de l'enveloppe en briques.

L'ensemble de l'appareil est complété par les portes de nettoyage, en fonte à l'avant, en tôle à l'arrière de la chaudière, pour l'entretien du faisceau tubulaire; les portes de foyer et de cendrier, le registre de sortie des gaz, enfin la grille maintenue par des sommiers en fer.

Ce nouveau type de chaudière présente une série d'avantages sur lesquels il serait superflu d'insister.

Le principe de la circulation dans un élément est le même que dans le générateur du système Terme et Deharbe. — Le problème de la circulation générale dans l'appareil est cependant résolu d'une façon plus avantageuse. La construction est aussi simplifiée dans de larges proportions, ce qui permet, pour une même puissance, d'obtenir un prix de revient inférieur.

Dans le nouveau type, l'emplacement occupé a été réduit au minimum. La surface de grille est considérable si on la considère à la surface de chauffe de l'appareil: la disposition des tubes du faisceau permet de refroidir les gaz à la température voulue avant de les échapper à la cheminée; enfin l'appareil ne comporte pas de pièces d'exécution difficile et son montage peut être effectué par les ouvriers les moins exercés.

## GÉNÉRATEURS DE VAPEUR (Système de Dion, Bouton et Trépardoux)

---

La maison de Dion, Bouton et Trépardoux à Puteaux, exposait dans la classe 52, une chaudière à circulation d'eau du système breveté en France et à l'étranger, qu'elle construit dans ses ateliers.

Cette chaudière est verticale. Elle est de forme cylindrique et est constituée par trois éléments principaux : l'enveloppe, le foyer et le bouilleur central.

L'enveloppe elle-même est formée de deux tronçons : le premier, à la partie inférieure est rivé au foyer sur tout le pourtour de la collerette inférieure de celui-ci. Cette rivure est faite au droit du cadre du gueulard ; le deuxième tronçon au-dessus est réuni au premier et au foyer de l'appareil par des collerettes et des couronnes à joints boulonnés ; il est par conséquent démontable.

Le bouilleur central est fermé à sa partie inférieure par un fond embouti soudé aux parois. A sa partie supérieure il est terminé par un couvercle boulonné sur une collerette rivée. Le nettoyage du bouilleur est facilité par ce dispositif.

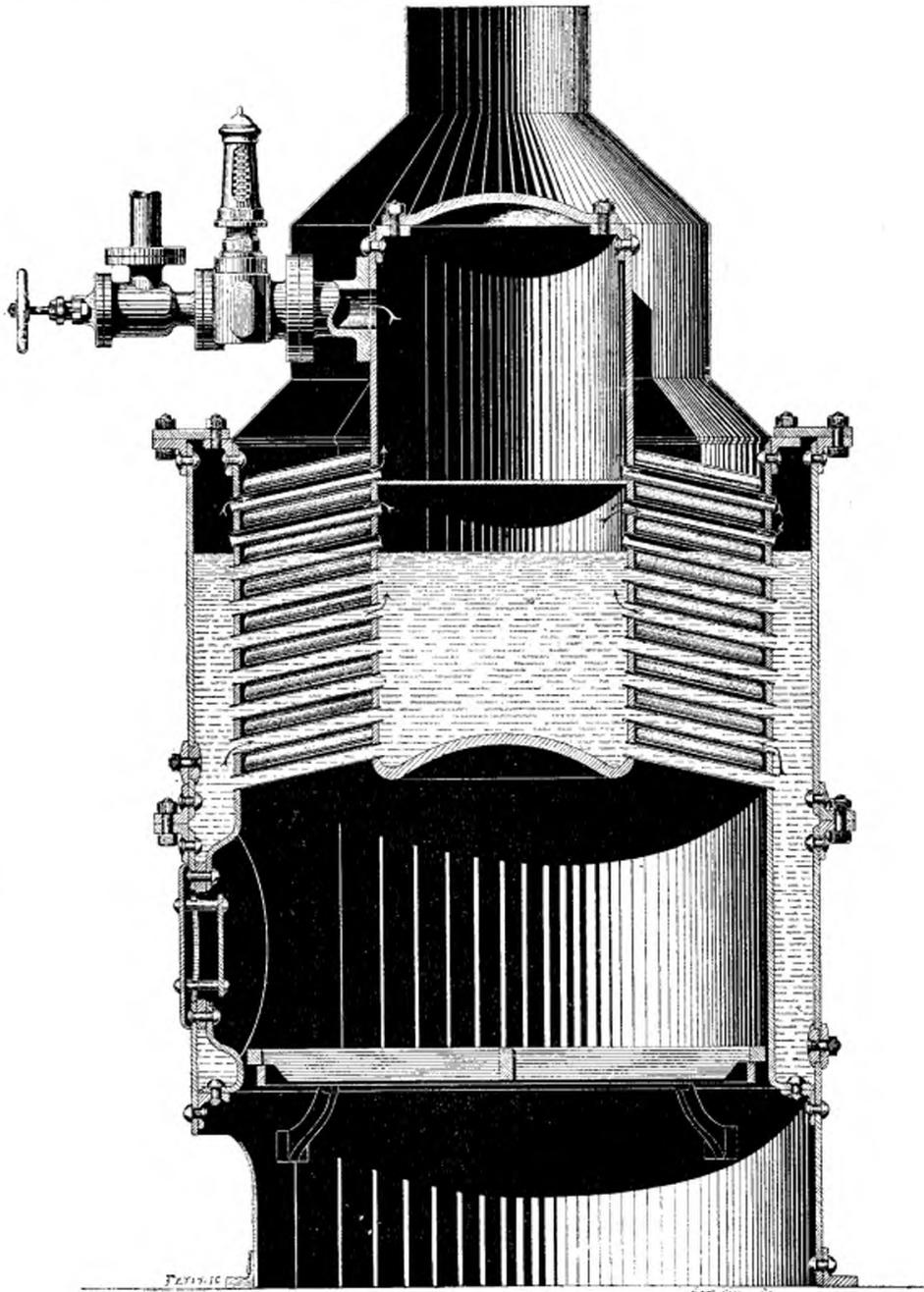
Le bouilleur central et le foyer sont réunis par un certain nombre de tubes rayonnants et inclinés constituant le faisceau tubulaire. La disposition de ces tubes est telle que chacun d'eux se trouve immédiatement au-dessus de l'espace laissé libre entre deux tubes de la rangée précédente, c'est-à-dire que la coupe du faisceau tubulaire suivant une surface cylindrique serait une série de coupes de tubes disposées en quinconce. Ce détail de construction est très avantageux au point de vue de l'utilisation du calorique par le faisceau tubulaire entier.

Le bouilleur central est divisé dans sa hauteur en deux parties par une cloison horizontale placée entre la deuxième et la troisième rangée de tubes en partant de la partie supérieure du faisceau. Cette cloison constitue ainsi deux compartiments, l'un réservé à l'eau et à une légère réserve de vapeur, le deuxième destiné spécialement à emmagasiner la vapeur sèche produite.

L'appareil est complété par une tubulure de prise de vapeur, fixée à la partie supérieure du bouilleur central. Sur cette tubulure sont montés les appareils de sûreté et tous les robinets de prise de vapeur. La chaudière comporte enfin une boîte à fumée, la naissance d'une cheminée et tous les accessoires ordinaires, savoir : grille cendrier, robinetterie, autoclaves divers, etc.

Tous les joints boulonnés sont dressés sur le tour ; l'étanchéité aussi parfaite

que possible en est obtenue par l'interposition entre les deux surfaces métalliques, d'un simple fil de cuivre rouge.



GÉNÉRATEUR DE DION, ROUXON ET TRÉPARDOUX  
VUE EN COUPE VERTICALE

Les attaches des extrémités des tubes dans les tôles de l'enveloppe et du bouilleur central sont faites à la manière ordinaire sans toutefois qu'il soit besoin d'employer des bagues métalliques. Ces tubes sont en acier doux, sans soudure.

Le foyer et le bouilleur central sont construits en tôle de fer, qualité Creusot n° 6 ; l'enveloppe extérieure est en tôle de fer de qualité Creusot n° 5.

Quatre autoclaves sont répartis sur le pourtour du tronçon inférieur de l'enveloppe et un cinquième est placé sur le tronçon supérieur.

Le timbre de cette chaudière est pour la série de construction courante, de 10 kilogrammes. Dans des cas spéciaux, il a cependant été construit des appareils timbrés à 12 et 15 kilogrammes.

Le nettoyage intérieur de la chaudière de Dion, Bouton et Trépardoux est rendu assez facile par certains détails d'assemblage entre les diverses parties consécutives. La boîte à fumée se démonte facilement ainsi que la tubulure de prise de vapeur. Les deux joints boulonnés sur les collerettes dont nous avons parlé précédemment, peuvent être rapidement et facilement défaits. Il devient dès lors commode d'enlever le tronçon supérieur de l'enveloppe.

On a alors mis à nu la totalité du faisceau tubulaire, ainsi que la partie annulaire qu'il est facile de nettoyer comme on l'entend.

Quant à la visite du bouilleur central il suffit pour la faire, de démonter le bouchon supérieur et d'enlever le diaphragme horizontal qui se démonte en quatre morceaux.

Le nettoyage extérieur est des plus simples ; il consiste en un ramonage du faisceau tubulaire. On procède à cette opération au moyen d'un jet de vapeur envoyé par une lance spécialement désignée à cet usage. On introduit successivement cette lance par les portes de la boîte à fumée et par la porte du foyer.

Aucune parcelle de suie attachée dans les intervalles des tubes ne résiste à ce nettoyage cependant peu compliqué.

A l'aide de la description qui précède, il est assez facile de se rendre un compte exact du fonctionnement de la chaudière, c'est-à-dire du mouvement simultané des gaz du foyer, de l'eau en circulation et de la vapeur dégagée.

La chaudière est remplie d'eau jusqu'au tiers environ de la hauteur du tube de niveau d'eau. De cette façon, en marche normale, le niveau est au maximum, correspondant au milieu de la hauteur de ce tube, ce qui correspond sur le cylindre du foyer au dessous de la 4<sup>e</sup> rangée de tubes, à compter de la partie supérieure.

Les deux rangées de tubes au-dessus de la cloison servent de tubes sécheurs et les deux rangées au-dessous de tubes de retour d'eau.

Les gaz produits par la combustion dans le foyer s'élèvent, ainsi qu'on le comprend facilement, par le chemin le plus direct, dans la boîte à fumée, pour gagner ensuite l'atmosphère.

Mais la disposition en quinconce du faisceau tubulaire contrariant leur marche, en diminue sensiblement la vitesse et en augmente par ce fait l'utilisation, en les forçant à se diviser à chaque rangée de tubes et à se dépouiller de la plus grande partie du calorique qu'ils contiennent.

La hauteur du faisceau tubulaire a été déterminée non par calculs, mais bien par des expériences répétées, afin d'arriver à ce que la température des gaz qui le traverse ne dépasse pas 250 degrés centigrades à leur arrivée dans la boîte à fumée. Cette température ne présente pas une différence assez grande avec celle de la vapeur à 10 kilogrammes (183 degrés) pour être employée avec succès à la vaporisation ; elle est de plus insuffisante pour rougir les tubes sécheurs et les détériorer, mais elle constitue une excellente enveloppe pour la chambre à vapeur, ce qui maintient son contenu dans un parfait état de siccité, sans surchauffe, avantage important dans tout système de chaudières.

La disposition du faisceau rayonnant est la cause de l'égalité répartition des gaz du foyer dans l'ensemble de l'appareil. Il est, en effet, facile de voir que le serrage des tubes dans la partie voisine du bouilleur central, tend à écarter ces gaz de l'axe de la chaudière, tandis que le tirage, au contraire, tend à les y ramener. De cette particularité, naît ainsi l'égalité de la température sur toute la section du faisceau.

On remarque à l'examen de cette chaudière que, par la disposition inclinée des tubes, le faisceau tubulaire forme un ensemble élastique en suspension. Il est reconnu, en effet, que dans la plupart des appareils à vapeur, les causes de détérioration tiennent surtout aux dislocations dues aux inégales dilatations ou aux dilatations gênées.

Dans la chaudière que nous décrivons, la faible longueur des tubes qui n'ont, au maximum, que 500 millimètres et la faible variation de position que leur inclinaison permet assurent un libre jeu à la dilatation générale sans faire travailler la matière d'une façon exagérée.

L'inclinaison des tubes, comme dans les autres types de générateurs, facilite le dégagement de la vapeur produite dans chaque tube vaporisateur, et il s'établit dans le faisceau entier une circulation très active, de la périphérie vers le bouilleur central. De cette façon, quelle que soit l'intensité du feu, même dans le cas d'un tirage forcé, tous les tubes vaporisateurs sont rafraîchis d'une manière permanente et uniforme par un courant d'eau plus froide continuellement renouvelée.

Cette circulation se fait, on le comprend, d'une façon fort graduelle pour l'ensemble du faisceau dont tout le pourtour est chauffé de la même façon.

Il n'arrive en effet jamais qu'une partie seulement de ce faisceau tubulaire soit exposée à l'action des flammes. Cette crainte repoussée, les sections de dégagement de vapeur étant suffisantes, on peut avoir la certitude que jamais une portion des tubes n'est dans le cas de se brûler par suite du passage d'une trop forte bulle de vapeur.

L'activité de la circulation a pour effet direct, dans cette chaudière comme dans celles que nous avons déjà étudiées, d'atténuer dans la plus large mesure l'adhérence des dépôts solides et les incrustations de tous genres, quand on emploie

des eaux calcaires : les sels renfermés dans l'eau se précipitent sous forme de boues. Ces boues sont retirées avec facilité par les lavages qu'on doit faire subir de temps en temps à la chaudière.

Il est bon de remarquer que dans le type de générateur dont nous nous occupons, les tubes vaporisateurs constituant le faisceau rayonnant sont autant de conduits donnant lieu par leur débit dans le bouilleur central, à une émulsion tumultueuse qui fait monter le niveau de l'eau jusqu'à la cloison centrale, c'est-à-dire plus haut que le niveau normal de la partie annulaire.

Ce mélange d'eau et de vapeur s'évacue par tous les orifices qu'il trouve. Il se rend donc tout naturellement dans la partie annulaire où l'eau non vaporisée se sépare de la vapeur produite et où la vapeur non encore séchée se trouve dans un milieu relativement tranquille.

La vapeur continue la marche qui lui est tracée, en remontant par les tubes sécheurs, pour se rendre dans le compartiment supérieur du bouilleur central. Là, elle arrive, aussi dépouillée que possible des molécules d'eau qu'elle pouvait porter en suspension, ou qu'elle avait pu entraîner pendant la vaporisation.

En considérant le rapport qui existe entre les sections d'écoulement, on voit que la vitesse de la vapeur dans les tubes sécheurs est environ vingt fois moins grande que celle qu'elle a dans la tubulure de prise de vapeur, lorsque la valve de débit est ouverte entièrement.

Dans la chaudière de Dion, Bouton et Trépardoux, l'alimentation doit être continue. C'est d'ailleurs la condition commune à toutes les chaudières à faible volume d'eau.

Cette alimentation est obtenue, soit au moyen d'un petit cheval alimentaire, soit à l'aide de la pompe alimentaire d'une machine, l'injecteur n'étant considéré dans ce cas que comme appareil de secours.

La chaudière De Dion, Bouton et Trépardoux constitue, à n'en pas douter, parmi les nombreuses chaudières à vapeur connues à ce jour, un type bien spécial, présentant une série d'avantages dont il est de première justice de dire quelques mots :

1° Surface de chauffe aussi grande que possible, sous un petit volume et un poids excessivement restreint ;

2° Démontage facile et rapide des diverses parties constitutives de l'appareil ;

3° Dilatation libre du faisceau tubulaire ;

4° Mise en pression rapide et production de vapeur sèche ;

5° Élasticité de production assez considérable, en ce sens qu'au moyen d'un tirage forcé, on peut arriver à doubler largement le chiffre de cette production, sans pour cela sortir des conditions exigées pour une marche bonne et pratique, savoir : suppression des entraînements d'eau dans la vapeur et conservation d'une pression stable.

Le chiffre de production de vapeur par mètre carré de surface de chauffe peut atteindre 20 kilogrammes, à tirage ordinaire.

Par kilogramme de charbon brûlé, elle varie de 6 kil. 630 à 7 kil. 300. Des essais, dont nous donnerons plus loin le compte-rendu, confirment ce renseignement.

La contenance en eau de la chaudière est, en général, de 15 à 18 kilogrammes par mètre carré de surface de chauffe, c'est-à-dire environ 60 % de la production par heure à tirage naturel, et 25 % de cette production à tirage forcé.

Le compartiment supérieur du bouilleur central, dans lequel se fait la réserve de vapeur, ne contient qu'environ 10 ou 11 litres de vapeur par mètre carré de surface de chauffe.

La chaudière De Dion, Bouton et Trépardoux est d'une construction extrêmement soignée, et les services qu'elle rend, surtout lorsqu'il s'agit de la production de petites forces, sont très nombreux. Elle présente, sur les systèmes similaires, des avantages que nous n'avons pas à donner plus avant. Sans établir ici de comparaison précise entre cet appareil et les chaudières verticales, celles à tubes Field, par exemple, il nous semble juste de dire que cette dernière donne des résultats un peu moins satisfaisants au point de vue de la régularité de la marche et du chiffre de la production.

*Essais.* — Nous allons donner les résultats des essais faits sur les chaudières De Dion, Bouton et Trépardoux, en mars 1887, et en août 1888. Le premier de ces essais a été conduit avec le tirage forcé, et le second à tirage naturel. Les chiffres qu'on va lire sont dignes d'être admis sans réserve :

1° Essai fait chez MM. Sautter, Lemonnier et C<sup>o</sup> sur une chaudière de locomobile, système De Dion, Bouton et Trépardoux, employée à la production de de la lumière électrique :

Puissance développée en chevaux électriques . . . . .	5,7
Nombre d'ampères . . . . .	75
id. de volts . . . . .	56
Longueur et largeur de la chaudière . . . . .	0 <sup>m</sup> ,75
Hauteur de la chaudière. . . . .	1 <sup>m</sup> ,56
Volume de la chaudière. . . . .	0 <sup>m</sup> <sup>3</sup> ,880
Poids de la chaudière { sans eau . . . . .	650 kilog.
avec eau . . . . .	760 kilog.
par cheval électrique . . . . .	133 kilog.
Surface de chauffe totale . . . . .	5 <sup>m</sup> <sup>2</sup> ,95
id. de quille. . . . .	0 <sup>m</sup> <sup>2</sup> ,2827
Dépense de charbon par heure . . . . .	40 kilog.
Eau vaporisée. . . . . { par heure. . . . .	257 kilog.
{ par kilogr. de charbon. . . . .	6 k. 42
{ par cheval électrique . . . . .	45 kilog.

Dans le deuxième essai, des expériences comparatives ont été faites, au moyen

du tirage forcé, sur des chaudières systèmes Bigot, Cadiat, Oriolle, Belleville, De Dion, Bouton et Trépardoux. Nous donnerons seulement les chiffres relevés sur cette dernière :

Durée de l'essai	3 heures.	
Puissance indiquée, en chevaux, à la machine	23,25	
Surface de chauffe totale, en mètres carrés	5,75	
Volume de vapeur, en litres	70	
— d'eau en kilogrammes	90	
Poids de la chaudière avec eau	717 kg.	
Surface de grille	0 <sup>m</sup> ²,2642	
Timbre de la chaudière	10 kg.	
Poids de la chaudière, par cheval indiqué	30 kg. 830	
Eau vaporisée par heure	440 kg.	
Dépense de charbon	{ par heure et par m <sup>2</sup> de grille	251 kg.
	{ par heure	66 kg. 350
	{ par heure et par cheval	2 kg. 854
Dépense de vapeur par cheval indiqué	18 kg. 920	
Eau vaporisée par kilogramme de charbon brut	6 kg. 631	

Les applications de la chaudière De Dion, Bouton et Trépardoux sont assez nombreuses. Viennent, en premier lieu, les appareils mobiles, tels que :

Tramways à vapeur, voitures automobiles, locomobiles à lumière électrique à l'usage de l'armée, locomobiles pour exploitations agricoles et forestières, travaux publics, épuisements, force motrice pour bateaux, pompes d'arrosage, d'incendie, etc.

Quant aux installations fixes, la plus importante et la plus fréquente est celle qui est relative à la lumière électrique dans des locaux déjà construits où l'on ne dispose que de très peu de place.

Vient enfin la force motrice pour la petite industrie, lorsqu'il s'agit de puissances variant de 1/4 de cheval à 4 chevaux environ, les machines élévatoires, les treuils, etc., etc.

MM. de Dion, Bouton et Trépardoux ont créé également un autre type de chaudière en se basant sur le même principe de faisceau tubulaire démontable, à tubes rayonnants et inclinés.

Ce type a surtout été appliqué aux petits bateaux, aux voitures automobiles et à la petite industrie.

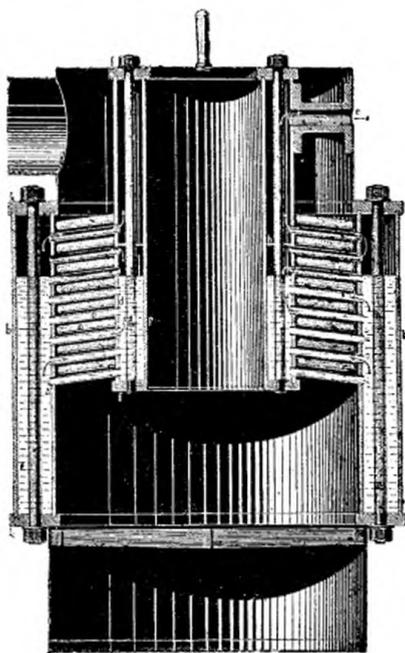
Le chauffage est fait de préférence avec du coke et le chargement du foyer rappelle celui des poêles mobiles. C'est la chaudière à chargement central.

Ce type spécial est construit par M. Merelle à Paris, concessionnaire du brevet de MM. de Dion, Bouton et Trépardoux.

MM. de Dion, Bouton et Trépardoux ont appliqué leur système de générateurs à une série d'appareils dont il est intéressant de donner une indication sommaire.

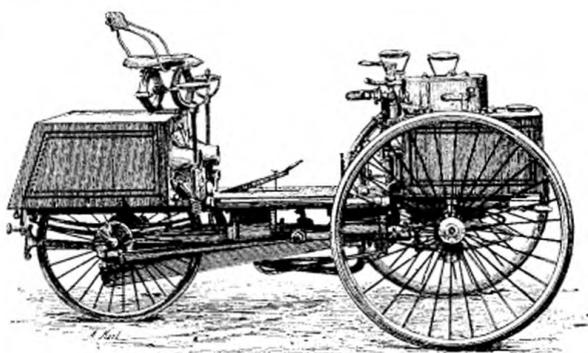
Ces appareils sont le tricycle à vapeur à 1 place, le tricycle à 2 places, le quadricycle à 2 places, le quadricycle à 4 places.

Le premier de ces véhicules est suspendu au moyen de ressorts en acier sur les essieux porteurs. La construction générale de l'appareil est très robuste; les éléments exposés à la fatigue sont d'une solidité parfaite. Le moteur est une petite machine à deux cylindres Compound, accouplés en tandem actionnant une seule roue motrice. Cette machine est alimentée par un générateur du type n° 2 du tarif établi par la maison de Dion, Bouton et Trépardoux. Le corps du générateur à 0<sup>m</sup>,360 de diamètre; la hauteur comptée depuis le dessous des pattes de pose jusqu'au dessus de la boîte à fumée est de 0<sup>m</sup>,500; la cheminée a un diamètre de 0<sup>m</sup>,070; le poids du générateur complet est de 80 kilogrammes; son timbre est 12



GÉNÉRATEUR A CHARGEMENT CENTRAL

kilogrammes. La production horaire de vapeur de ce petit générateur atteint facilement 40 kilogrammes. Le moteur peut donc très largement développer une puissance moyenne de deux chevaux-vapeur.



TRICYCLE A VAPEUR A UNE PLACE

La chaudière est enveloppée par un réservoir d'eau qui peut en assurer l'alimentation pour un parcours de 36 kilomètres. La provision de coke, contenue

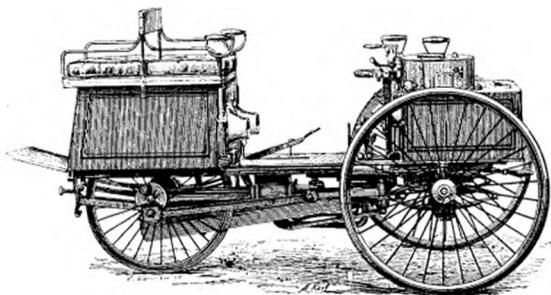
dans une capacité placée au-dessus de la roue motrice permet une marche de 60 kilomètres en palier, sur une bonne route. Cette dépense de combustible correspond à une consommation moyenne de 250 grammes de coke par kilomètre parcouru.

La direction de la machine est donnée au moyen d'une poignée placée à portée de la main droite du voyageur. La manœuvre de l'appareil est donc de tous points très facile.

L'heureux groupement des divers éléments constitutifs de ce tricycle lui permet d'atteindre sur une bonne route en palier une vitesse de 25 kilomètres à l'heure et de monter des rampes de 100 millimètres à une vitesse de 8 à 10 kilomètres.

L'appareil complet pèse 300 kilogrammes.

Le tricycle à vapeur à deux places construit par MM. de Dion, Bouton et Trépardoux ne diffère du précédent que par l'adjonction d'une seconde place disposée dos à dos avec la première.



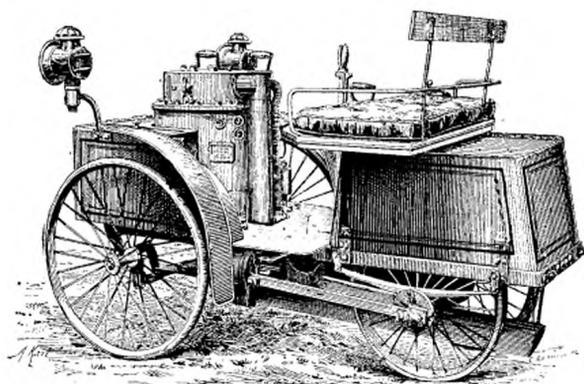
TRICYCLE A VAPEUR A DEUX PLACES

Le quadricycle à deux places présente, quant à la construction, les mêmes qualités réunies de légèreté et de solidité que les deux premiers appareils décrits.

Il emploie comme moteurs deux petites machines à deux cylindres Compound disposés en tandem. Ces deux machines actionnent chacune une roue motrice et marchent indépendamment l'une de l'autre.

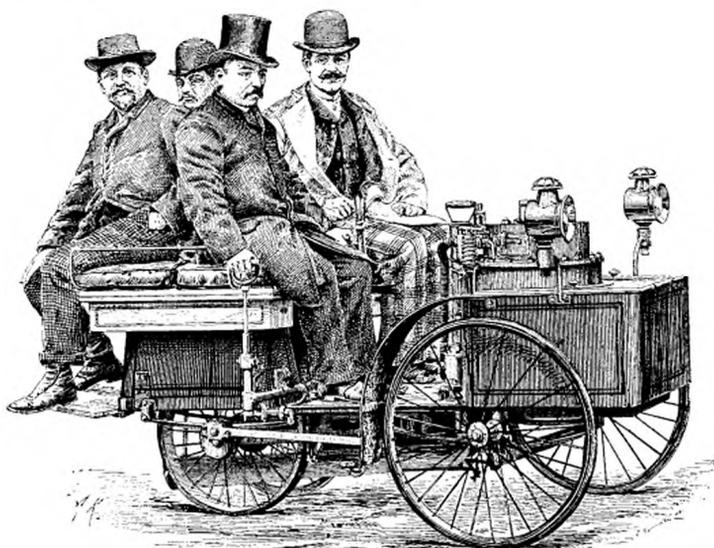
Elles sont alimentées par un générateur de Dion, Bouton et Trépardoux du type n° 3. Le corps cylindrique de ce générateur a 0<sup>m</sup>,450 de diamètre. La hauteur totale est de 0<sup>m</sup>,520, le diamètre de la cheminée est de 0<sup>m</sup>,080, le timbre est de 12 kilogrammes ; enfin le poids du générateur complet est de 150 kilogrammes. Malgré ces dimensions réduites, on peut compter d'une manière absolue sur une production horaire de 80 kilogrammes de vapeur sèche, ce qui cor-

respond amplement à un travail de quatre chevaux développé en marche normale par les deux moteurs ensemble.



QUADRICYCLE A VAPEUR A DEUX PLACES

Comme dans le tricycle, l'eau d'alimentation placée dans le réservoir entourant la chaudière assure une marche de 36 kilomètres et la provision de coke est suffisante pour un parcours de 60 kilomètres.



QUADRICYCLE A VAPEUR A QUATRE PLACES

La consommation moyenne de coke par kilomètre parcouru peut être évaluée

à 500 grammes environ, ce qui reste dans des limites de consommation très inférieures.

Le poids total de la machine est de 680 kilogrammes; elle peut atteindre sur une bonne route en palier une vitesse pratique de 25 kilomètres à l'heure et monter des rampes de 100 millimètres à la vitesse de 8 à 10 kilomètres à l'heure.

Dans le quadricycle à quatre places, les ressorts sont renforcés et un second siège à deux places est disposé dos à dos avec le premier. En outre, le véhicule est muni d'une coquille marchepied à l'arrière et d'un dépiqueur de vapeur pour rendre plus pratique la marche dans les fortes rampes. — Cette dernière adjonction a été faite également pour la même raison dans le tricycle à vapeur à deux places.

---

## GÉNÉRATEURS DE VAPEUR

(Maison Meunier & C<sup>ie</sup>, à Fives-Lille)

(Planches 33 et 34)

---

La maison Meunier et C<sup>ie</sup>, de Fives-Lille, exposait à l'état inerte, dans la classe 52 (Palais des Machines) une collection importante de générateurs et de travaux de chaudronnerie. Les générateurs qui avaient été exposés sont de différents types. Nous allons les examiner successivement.

La maison Meunier et C<sup>ie</sup>, 80, rue des Processions, à Fives-Lille a fondé en 1865, son établissement de constructions. Cet établissement a été érigé sur un terrain d'une superficie d'un hectare dont 8500 mètres sont actuellement couverts de bâtiments.

La maison Meunier et C<sup>ie</sup> s'est spécialisée dans les travaux de chaudronnerie en fer et en cuivre. Elle est surtout outillée pour la construction particulière des générateurs de vapeur de tous systèmes.

Les machines employées par la maison Meunier et C<sup>ie</sup> pour le travail des tôles, leur découpage, leur cintrage, leur rivetage comportent les plus récents perfectionnements. Cet outillage explique le degré de perfection des échantillons exposés classe 52, et que nous allons passer en revue.

La maison Meunier et C<sup>ie</sup> aborde la construction des générateurs les plus volumineux. Ses moyens d'action le lui permettent. Elle est à même de travailler les tôles des plus grands échantillons fournis par les forges. Les viroles de chaudières jusqu'à trois mètres de diamètre sont faites au moyen d'une tôle unique de 9<sup>m</sup>,50 de développement environ.

Les générateurs de tous systèmes et spécialement les générateurs semi-tubulaires qui font partie de la fabrication courante sont exclusivement construits en tôles de Denain et du Creusot.

Depuis plus de vingt ans déjà, la maison Meunier a adopté dans ses générateurs, l'emploi de tôles d'acier des provenances désignées plus haut. Ces tôles sont employées soit pour la confection des viroles de bouilleurs soumises au coup de feu, soit même à la construction de bouilleurs entiers ou des foyers de chaudières tubulaires.

Actuellement, la plupart des générateurs construits par la maison Meunier et C<sup>ie</sup>, sont en tôles d'acier des marques **FD** de Denain et **AS** du Creusot.

Il est juste de dire que la construction des générateurs est, dans ses détails le plus minutieux, l'objet de soins tout particuliers.

Les trous de rivets sont poinçonnés sur les tôles à plat à un diamètre inférieur de 6 millimètres au diamètre définitif. Cette première opération terminée, les tôles sont chanfreinées sur les quatre côtés et cintrées. Elles sont ensuite placées sous les machines à percer où les trous de rivets sont alésés à la mèche américaine au diamètre voulu.

Les bavures laissées par l'outil de la machine à percer entre les deux tôles sont enlevées avec beaucoup de soins et les bords de chaque trou de rivet sont arrondis au vilbrequin par une mèche spéciale.

Dans la plupart des cas qui se présentent actuellement, on ne perce plus que quelques trous d'arrêt à la poinçonneuse, sur les tôles à plat. Après le cintrage, tous les autres trous sont forés à la mèche américaine sur les deux tôles réunies.

Ce dernier moyen permet d'obtenir des rivures parfaites. La correspondance des trous de rivets est évidemment irréprochable.

Les communications entre les bouilleurs et le corps tubulaire sont entièrement faites en tôle AS du Creusot ou en tôles n° 6 de Denain. Elles sont soudées sur elles-mêmes sur toute leur longueur. Le joint avec les bouilleurs et le corps tubulaire est un joint rivé.

Les bagues pour les tubes démontables système Bérendorf ne sont en aucun cas brasées, mais bien soudées sur les tubes.

Les portes destinées à assurer la fermeture des trous d'homme sont dressées au tour au moyen d'un outil spécial construit par la maison même.

Les plaques tubulaires et les fonds de réservoir ou de bouilleurs sont à bords rabattus et la circonférence extérieure en est tournée. Le chanfrein de ces pièces est également fait sur le tour.

Dans toutes les parties des générateurs, les tôles sont chanfreinées et matées, intérieurement comme extérieurement.

Toutes les rivures longitudinales des corps cylindriques ou des bouilleurs sont à double rangée de rivets et ces rivets sont disposés en quinconce.

Les rivures des attaches des fonds, des attaches des communications, des piétements et du dôme sont faites à une seule rangée de rivets. Tous les générateurs fixes construits par la maison Meunier et C<sup>ie</sup>, sont montés sur des piétements en fonte rivés sur la chaudière. Une feuille de cuivre est simplement interposée entre la tôle et la fonte pour faciliter le joint. L'autre extrémité est terminée par une partie horizontale dressée au tour.

Cette manière d'opérer supprime les joints directs sur le corps de la chaudière, cause ordinaire de fuites constantes et de détérioration des générateurs.

La perfection des travaux dont nous venons de donner une idée et les soins qu'on attache à leur exécution font que l'on arrive à livrer à la grande industrie des générateurs de grands volumes timbrés à de très fortes pressions.

En résumé, les générateurs construits par la maison Meunier et C<sup>ie</sup>, sont non seulement un travail de chaudronnerie soignée, mais encore un travail d'ajustage irréprochable. On conçoit que de semblables appareils soient susceptibles de rendre d'importants services et d'offrir la sécurité la plus complète.

La preuve de ces dires se trouve suffisamment donnée si l'on considère le nombre considérable d'appareils construits par la maison Meunier et C<sup>ie</sup> au cours de ces dernières années.

Un certificat de l'Ingénieur des Mines de Lille sous les ordres de qui tous les générateurs ont été éprouvés, n'en accuse, en effet, pas moins de seize cents depuis l'année 1880.

L'exposition de la maison Meunier était située dans le Palais des Machines (classe 52) sur le bord de la galerie de pourtour.

Elle comprenait une série d'appareils et d'échantillons de travaux divers, dont nous allons donner une nomenclature succincte.

1<sup>o</sup> Une chaudière du système semi-tubulaire entièrement construite en tôle d'acier. Cette chaudière avait une surface de chauffe totale d'environ 280 mètres carrés. Elle était timbrée à 8 kilos.

Nous donnons de cet appareil un dessin qui en indique les principales dispositions ainsi que les dimensions les plus importantes.

On voit que ce générateur était à corps tubulaire avec deux bouilleurs reliés chacun par trois communications avec le corps principal plus un vaste réservoir de vapeur à la partie supérieure communiquant par deux tubulures avec la chambre à vapeur du corps de chaudière.

L'appareil était entièrement construit en acier de Denain et du Creusot. Les rivures longitudinales étaient faites à couvre-joints, ainsi que l'indique le dessin et à quatre lignes de rivets. Le corps principal comprenait quatre viroles de 2 mètres de diamètre intérieur et deux plaques tubulaires de 25 millimètres d'épaisseur. Les viroles avaient 18 millimètres d'épaisseur ; celles des extrémités avaient, d'axe en axe des rivures, 1<sup>m</sup>,060 de longueur ; celles de la partie médiane avaient 1<sup>m</sup>,730 entre les mêmes lignes.

Le corps principal présentait enfin 124 tubes en fer disposés en quinconce. Chaque tube avait 100 millimètres de diamètre extérieur et une longueur de 5<sup>m</sup>,745.

Les deux bouilleurs étaient constitués chacun par trois viroles d'inégales longueurs (l'une à l'avant 3<sup>m</sup>,800 ; les deux autres 1<sup>m</sup>,700 et 1<sup>m</sup>,950 à l'arrière) et deux fonds bombés. Les viroles étaient formées de tôles de 11 millimètres d'épaisseur. Chaque bouilleur avait 900 millimètres de diamètre.

Le réservoir supérieur avait un diamètre de 1<sup>m</sup>,550. Il était constitué par deux viroles en tôle d'acier de 14 millimètres et deux fonds bombés en tôle de même échantillon.

Cette dernière partie était surmontée des tubulures d'attente des appareils de sûreté et de la tubulure de prise de vapeur.

Le corps principal portait à l'avant la colonne de l'indicateur et de la tige du flotteur.

Les principales caractéristiques du générateur complet étaient les suivantes :

Surface de chauffe des bouilleurs . . . . .	39 <sup>m</sup> 2,58
» du corps de chaudière . . . . .	21 ,80
» des tubes . . . . .	220 ,87
» totale . . . . .	282 ,25

Les rivures étaient faites sur les bouilleurs avec des rivets de 20, sur le corps tubulaire avec des rivets de 24 et sur le réservoir supérieur avec des rivets de 22.

Les communications des bouilleurs avec le corps tubulaire avaient 450 millimètres de diamètre et 14 millimètres d'épaisseur. Celles du corps tubulaire et du réservoir supérieur avaient 550 millimètres de diamètre et 15 millimètres d'épaisseur.

L'emplacement occupé par la partie métallique du générateur était de 7<sup>m</sup>,80 de longueur et de 2<sup>m</sup>,10 de largeur pour une hauteur totale de 5<sup>m</sup>,95.

2° Une chaudière semi-tubulaire en tôle d'acier, de 100 mètres carrés de surface de chauffe, timbrée à 12 kilogs.

Cette chaudière ne possède pas comme la précédente de réservoir supérieur pour emmagasiner la vapeur produite. Elle se compose uniquement de deux bouilleurs et d'un corps tubulaire surmonté d'un dôme de prise de vapeur.

Les bouilleurs ont 5<sup>m</sup>,285 de longueur totale et 700 millimètres de diamètre. Ils sont constitués chacun par deux viroles d'inégale longueur (3<sup>m</sup>,200 à l'avant et 1<sup>m</sup>,785 à l'arrière, d'axe en axe des rivures) en tôle d'acier de 12 millimètres d'épaisseur et deux fonds bombés de même tôle.

Les bouilleurs sont reliés chacun par trois communications de 350 millimètres de diamètre et 16 millimètres d'épaisseur au corps principal de la chaudière.

Le corps tubulaire est formé de 3 viroles de 1<sup>m</sup>,700 de diamètre, en tôle d'acier de 20 millimètres  $\frac{1}{2}$  d'épaisseur. Il comprend en outre 48 tubes en fer de 100 millimètres de diamètre extérieur et de 4<sup>m</sup>,525 de longueur totale.

Les tubes sont disposés en rangées horizontales et verticales. A travers le faisceau tubulaire et entre les deux plaques tubulaires sont disposées 6 barres de fer rond à grain fin de 40 millimètres de diamètre. Ces barres jouent le rôle de tirants et s'opposent aux déformations des plaques.

La plaque tubulaire d'avant présente à la partie inférieure une ouverture pour le nettoyage intérieur de la chaudière. Cette ouverture est, en temps ordinaire, maintenue fermée par un autoclave.

Ce générateur devant être timbré à 12 kilogs, on a pris quelques précautions

complémentaires pour éviter l'effet que pourrait avoir cette forte pression sur les plaques tubulaires.

On a disposé à la partie supérieure de ces plaques un éventail de fortes équerres en tôle d'acier maintenues d'un côté entre deux cornières rivées sur les plaques mêmes, de l'autre entre deux cornières semblables rivées sur la virole de tête.

Cette disposition donne à l'ensemble une rigidité considérable. Elle permet en outre de supprimer l'emploi de tirants en fer rond dans la chambre de vapeur.

Le dôme de prise de vapeur est rivé sur la virole médiane du corps tubulaire. Il a 800 millimètres de diamètre et 900 millimètres de hauteur totale. Il est construit en tôle de 14 millimètres d'épaisseur dans sa partie haute. La partie inférieure sur laquelle est faite la rivure avec le corps principal a 15 millimètres d'épaisseur. Les deux parties sont en tôle d'acier soudable. Elles sont réunies par deux fortes cornières boulonnées.

Le dôme porte à la partie supérieure une tête en fonte sur laquelle sont disposées les tubulures de prise de vapeur et les assises des soupapes de sûreté.

Les appareils indicateurs sont placés sur le corps tubulaire à l'avant de la chaudière. A l'arrière est disposé un piétement de 70 millimètres, en fonte, pour recevoir le tuyau d'alimentation.

Les caractéristiques principales du générateur sont les suivantes :

Surface de chauffe des bouilleurs.....	21 <sup>m²</sup> ,26
— du corps de chaudière.....	13 ,34
— des tubes.....	66 ,95
— totale ..	101 ,55

Les rivures longitudinales étaient faites, dans ce générateur, comme dans le précédent, c'est-à-dire à couvre-joints extérieurs et intérieurs réunis par quatre rangées de rivets.

L'emplacement occupé par la partie métallique était, pour ce générateur, 5<sup>m</sup>,285 de longueur et 1<sup>m</sup>,700 de largeur pour 3<sup>m</sup>,700 de hauteur totale.

3° Une chaudière verticale à bouilleurs croisés soudés, foyer intérieure soudé, entièrement en tôles d'acier, de 10 mètres carrés de surface de chauffe et timbrée à 6 kilogrammes.

Cette chaudière est d'une grande simplicité et d'une construction fort soignée. Nous ne la décrirons pas : c'est la chaudière verticale à bouilleurs croisés ordinaire. La maison Meunier et C<sup>ie</sup> construit ce modèle en acier soudable du Creusot.

Le corps de chaudière a 13 millimètres d'épaisseur dans sa partie cylindrique et 15 dans sa partie supérieure.

L'enveloppe du foyer a 13 millimètres d'épaisseur, le ciel de ce foyer 16 millimètres. Enfin la cheminée qui, elle aussi, est soumise extérieurement à la pression de la chaudière, et les bouilleurs sont en tôle d'acier AS ayant respectivement 10 et 13 millimètres d'épaisseur.

Les bouilleurs sont de forme cylindrique et ont 344 millimètres de diamètre intérieur.

En face de chaque ouverture des bouilleurs, se trouve ménagé, dans le corps de la chaudière, un regard pour la visite et le nettoyage intérieurs. Ces quatre regards sont fermés par des autoclaves.

A la partie supérieure du corps de la chaudière, se trouvent disposés les appareils de sûreté et d'indication, ainsi que les brides d'attente des tubulures de vapeur.

La surface de chauffe de l'appareil se décompose ainsi :

Surface de chauffe du corps cylindrique . . . . .	6 <sup>m²</sup> ,69
Id. des bouilleurs. . . . .	3 <sup>m²</sup> ,02
Id. totale . . . . .	9 <sup>m²</sup> ,71

Les rivures longitudinales, qui existent sur les diverses parties de ce générateur, sont faites à double rangée de rivets disposés en quinconce.

L'emplacement occupé par l'appareil complet est un cercle de 1<sup>m</sup>,50 de diamètre, pour une hauteur totale de 3<sup>m</sup>,430.

L'exécution générale de ce modèle de générateur ne laisse absolument rien à désirer.

3° Une chaudière verticale, système Field, foyer soudé, entièrement en tôles d'acier, de 15 mètres carrés de surface de chauffe et timbrée à 6 kilogrammes.

Cette chaudière se distinguait, comme les précédentes, par le fini de son exécution. Elle ne présentait toutefois pas de disposition particulière à signaler, si ce n'est le moyen employé pour régulariser le tirage. Ce moyen, qui consiste à déplacer verticalement et dans l'axe du foyer deux registres en fonte, est indiqué suffisamment dans le dessin que nous donnons de la chaudière Field.

Les détails de construction de cet appareil sont minutieusement étudiés. En cela, il ne diffère pas des trois que nous avons précédemment examinés.

5° Un appareil de chauffage à la vapeur, construit par la maison Meunier, pour le chauffage des appartements ou des bureaux. Cet appareil a reçu jusqu'ici un assez grand nombre d'applications intéressantes.

6° Une virole en tôle d'acier, de 1<sup>m</sup>,500 de diamètre moyen. — Cette virole avait été coupée dans l'axe de la rangée des rivets. On pouvait ainsi se rendre un compte exact de la façon dont le rivetage était fait. Ajoutons que ce rivetage, dans lequel on distinguait à peine la séparation des surfaces en contact, était fait d'une manière irréprochable.

7° Une virole en tôle d'acier, de 1<sup>m</sup>,200 de diamètre, fermée à couvre-joints

et coupée au milieu de ces couvre-joints afin de montrer la nature de l'assemblage des couvre-joints avec la tôle des viroles.

8° Une virole en tôle d'acier, de 1<sup>m</sup>,500 de diamètre, à double rangée de rivets en quinconce. Cette pièce avait été écrasée à froid au pilon. Malgré cette épreuve, elle ne présentait, ni au rivetage, ni en aucun autre point de sa surface la moindre crique ou la moindre détérioration.

9° Une collection d'éprouvettes en tôles d'acier. Ces éprouvettes avaient été cassées. On pouvait se rendre compte de la qualité du métal employé.

10° Une collection d'éprouvettes en fonte, ayant subi la même épreuve que les précédentes.

11° Plusieurs échantillons de rivets pliés à froid. Ces rivets ne présentaient, en aucun point de leur surface, d'arrachement ni de paille.

12° Échantillons de fer rond. — Ce fer rond, à grains fins, est celui qui est employé dans la construction des générateurs semi-tubulaires pour former les tirants reliant les plaques tubulaires.

13° Une collection d'échantillons des tôles d'acier employées dans la chaudronnerie des générateurs.

Une partie de ces tôles, après avoir été chauffée au rouge cerise, avait été trempée dans l'eau à 28 degrés, et ensuite soumise à l'action du pilon, qui les avait pliées à froid en deux et quatre parties. Les tôles avaient subi cette épreuve sans détérioration apparente.

14° Plusieurs échantillons de tubes Field, sciés en deux parties, afin de montrer l'épaisseur bien uniforme des deux parties.

15° Une collection de brides à joints métalliques, à rainure intérieure dans l'épaisseur de la bride, permettant d'obtenir une double brasure.

16° Une série de joints métalliques.

Ajoutons, pour terminer cette énumération complète, que l'exposition de la maison Meunier et C<sup>ie</sup> représentait un travail d'atelier considérable et digne de la plus grande attention.

La maison Meunier devait également exposer, avec les appareils précédents, deux chaudières qui, au dernier moment, n'ont pu être installées à cause de l'exiguïté de l'emplacement accordé par la classe 52.

La première de ces chaudières était une chaudière horizontale à foyer cylindrique intérieur et à retour de flammes par les tubes, système Thomas et Laurens.

Elle avait 40 mètres carrés de surface de chauffe, et pouvait développer 80 chevaux en marche normale. La charge se faisait dans ce générateur, du côté de la cheminée. Le foyer s'étendait jusqu'à une capacité formant boîte de retour des gaz, et dont la paroi antérieure était une plaque tubulaire.

La boîte terminale du foyer était reliée au fond correspondant du corps de chaudière par des tirants articulés.

La chaudière était timbrée à 6 kilogrammes. Elle était surmontée d'un dôme sur lequel se trouvaient les prises de vapeur et les soupapes de sûreté.

Enfin, comme dans toutes les chaudières Thomas et Laurens, dont c'est le caractère particulier, le foyer était amovible. Ce foyer était réuni, en temps ordinaire, au corps principal par une collerette en fonte boulonnée à une collerette semblable rivée à la chaudière même.

La deuxième chaudière, destinée par la maison Meunier et C<sup>ie</sup>, à figurer à l'Exposition, était du système tubulaire à foyer intérieur.

Elle avait 30 mètres carrés de surface de chauffe totale, et pouvait développer 50 chevaux en marche normale.

Nous donnons, de cet appareil, une réduction qui en montre suffisamment les dispositions principales.

Ces deux dernières chaudières sont construites d'une façon courante par la maison Meunier et C<sup>ie</sup>.

---

## GÉNÉRATEURS DE VAPEUR

(Système Weyher & Richemond)

(Planches 49-50)

---

La Société centrale de construction de machines, 50, route d'Aubervilliers, à Pantin (Seine), avait installé dans la Cour de la force motrice, pour le service du Palais des Machines, deux générateurs à foyer tubulaire amovible à retour de flammes et dilatation libre.

Ces deux générateurs faisaient partie du deuxième groupe. Ils étaient montés dans le même bâtiment que le générateur à foyer intérieur de la Compagnie de Fives-Lille, dont nous nous sommes déjà occupé.

Les deux chaudières Weyher et Richemond fournissaient seules la vapeur à la canalisation du 2<sup>e</sup> groupe.

Sur cette canalisation étaient branchées les machines motrices des maisons J. Boulet et C<sup>ie</sup>, Douane Jobin et C<sup>ie</sup> et de la Société Alsacienne de constructions mécaniques.

Les deux chaudières avaient été prises par l'administration de l'Exposition pour une fourniture normale de 2000 kilogrammes de vapeur à l'heure. Cette production est restée sensiblement constante pendant toute la durée de l'Exposition. Pendant quelques journées seulement elle a été légèrement supérieure à ce chiffre normal.

Notre planche n<sup>o</sup> 49-50 représente en élévation longitudinale et en vue d'extrémité une chaudière Weyher et Richemond, à foyer tubulaire amovible et à retour de flammes.

Cette chaudière est surtout destinée aux industries qui font une grande consommation de vapeur et qui exigent une certaine stabilité dans la pression de cette vapeur. A ce titre, elle est surtout propre à être installée dans les sucreries, raffineries, distilleries, papeteries, etc, ainsi que dans les filatures et les usines métallurgiques.

Un grand nombre de générateurs semblables fonctionnent dans diverses usines de France et de l'étranger.

Quelques modèles figurent constamment en activité dans les ateliers de la Société centrale, à Pantin.

La chaudière à foyer tubulaire amovible et à retour de flammes représentée planche 49-50 se compose de deux parties essentielles :

1° Le vaporisateur, composé du foyer intérieur *a, a, a*, du retour de flamme *b* et du faisceau de tubes disposé entre la plaque tubulaire d'avant *c, c* et la plaque tubulaire d'arrière *d, d*.

2° La calandre, qui comprend un grand corps cylindrique pour les générateurs de faible puissance ou bien deux cylindres pour les générateurs de moyenne et de grande surface de chauffe.

Le vaporisateur et la calandre sont réunis l'un à l'autre au moyen d'un joint unique *g g* à brides, boulons et rondelles de caoutchouc. La rondelle qui rend le joint étanche peut servir plusieurs années et supporter sans accident plusieurs démontages, parce que le joint étant extérieur à la maçonnerie n'est jamais bien chaud et se trouve à l'abri de toute cause de détérioration.

La figure montre que les gaz de la combustion après leur dégagement du foyer ne s'échappent par le carneau en maçonnerie qu'après avoir passé par le retour de flammes *b*, par le faisceau circulaire de tubes et par la chambre en maçonnerie qui entoure le générateur.

Cette série de dispositions spéciales font que l'appareil se trouve enveloppé de tous côtés par les gaz de la combustion avant l'évacuation de ceux-ci à la cheminée.

Le fonctionnement du générateur Weyher et Richemond est de la plus grande simplicité.

L'eau d'alimentation, arrive de la pompe alimentaire ou de l'injecteur par un tuyau en cuivre ou en fer, placé à la partie postérieure de la chaudière.

Ce tuyau traverse la paroi du réservoir supérieur d'eau et de vapeur, plonge dans la masse d'eau, passe à l'intérieur de la communication d'arrière et descend en se courbant derrière le fond du foyer jusqu'à la partie inférieure de la chaudière.

L'eau d'alimentation, en vertu de sa basse température et par suite de sa densité relativement élevée, reste d'abord au fond de l'appareil. Elle est immédiatement en contact avec les gaz chauds circulant dans les tubes du faisceau et sous l'action du calorique dégagé par le corps du foyer.

La vapeur dégagée et l'eau réchauffée montent dans l'espace annulaire formé par le corps cylindrique inférieur et le corps du foyer et traversent la communication d'avant.

La vapeur se rend au plan d'évaporation, l'eau suit une marche d'avant en arrière et se rend de nouveau à la partie basse en faisant retour par la communication d'arrière.

Le réservoir supérieur d'eau et de vapeur est formé de trois viroles en tôle rivée et de deux fonds bombés emboutis. Le fond d'avant porte le tube indicateur de niveau d'eau. La virole d'avant porte l'indicateur métallique à flotteur,

les soupapes de sûreté, les sifflets de manque et d'excès d'eau et l'adduction du tube du manomètre.

L'indicateur métallique à flotteur est disposé exactement dans l'axe de la communication d'avant entre le corps cylindrique inférieur et le corps supérieur.

Afin de protéger le flotteur contre l'action de la vapeur qui se dégage par cette communication, on l'a renfermé dans une capacité cylindrique en tôle communiquant avec la masse d'eau du générateur, mais à l'abri des mouvements tumultueux que le dégagement de la vapeur peut produire. Dans ce but, cette capacité est munie d'un fond bombé en tôle sous lequel la vapeur engendrée circule et autour duquel elle se dégage en couronne.

Sur la virole médiane est rivé un dôme en tôle de fer, à la partie supérieure duquel est fixé une pièce en fonte portant les prises de vapeur. Cette pièce en fonte est percée d'une ouverture maintenue en temps ordinaire, fermée par un autoclave et servant de trou d'homme pour le nettoyage de la chaudière.

L'appareil complet repose sur deux piétements en fonte très robustes appuyés sur une maçonnerie. La chaudière est complétée par les accessoires ordinaires, savoir : grille, devanture et portes du foyer, cendrier, etc.

L'entretien de la chaudière à foyer tubulaire amovible est peu compliqué. Souvent, aux périodes d'arrêt, il suffit pour obtenir un nettoyage satisfaisant d'opérer la vidange de la chaudière sous pression. L'action est alors assez énergique pour détacher et entraîner les boues qui peuvent venir se déposer sur les tubes ou dans le fond du corps cylindrique inférieur.

Si, à un moment donné, on juge cette opération insuffisante pour effectuer d'une façon complète le nettoyage intérieur, on procède au démontage et à la sortie du foyer ; à cet effet, on enlève les boulons du joint à brides *g g*, puis on adapte deux galets, disposés dans ce but, à la base de la plaque tubulaire d'avant. A l'aide d'un palan amarré à un point résistant on peut alors sortir le vaporisateur de la calandre.

Le vaporisateur est parfaitement maniable et dès qu'il est sorti, ses différentes parties sont très facilement accessibles à la visite et au nettoyage ; on peut donc les débarrasser soit avec une brosse, soit avec un burin au besoin, des dépôts plus ou moins adhérents qui viennent s'y attacher.

On voit qu'il est possible, dans la chaudière Weyher et Richemond d'effectuer un nettoyage complet et sérieux du vaporisateur. Il va sans dire que cette possibilité augmente de beaucoup la tranquillité du propriétaire de l'appareil. Celui-ci peut, en effet, se rendre compte par lui-même de l'état dans lequel est tenu le générateur, sans pour cela, avoir besoin d'entrer dans les corps cylindriques, opération toujours pénible et donnant toujours des renseignements incomplets.

Le générateur Weyher et Richemond peut être remis en pression dès que les boulons du joint sont remis en place et serrés. Ordinairement le démontage, le

nettoyage, le remontage et la mise en pression peuvent se faire très facilement dans la même journée.

La production de vapeur ne laisse rien à désirer dans cette chaudière. La qualité de cette vapeur est de même satisfaisante.

La consommation de combustible par suite des dispositions d'ensemble adoptées dans l'appareil est aussi réduite que possible.

Il est tout d'abord reconnu que le foyer étant entièrement au sein de la masse d'eau, la chaleur rayonnante développée par ce foyer est complètement absorbée par le liquide. Les pertes radiantes sont limitées au rayonnement des tôles de la façade.

Les gaz du foyer et les poussières de charbon non brûlé entraînées par le tirage parcourent le foyer dans toute sa longueur et se répandent ensuite avec l'air chaud dans la grande chambre de combustion *b* située à l'arrière ; ils rencontrent la paroi postérieure de cette chambre qui leur fait rebrousser chemin et les renvoie en avant.

Dans ce mouvement, les gaz se mélangent aussi complètement que possible et les parcelles de charbon entraînées s'enflamment. L'oxygène de l'air à une température élevée brûle les gaz développés ainsi que les poussières restant encore en suspension.

A ce moment la combustion peut être considérée comme terminée ; toute la chaleur rayonnante produite par la grille et par les flammes étant utilisée et absorbée, les gaz éteints mais non refroidis, appelés par le tirage, entrent dans les tubes du faisceau et abandonnent dans leur parcours la plus grande partie du calorique qu'ils entraînent.

La haute température à laquelle la combustion les avait portés disparaît dans une notable proportion au contact des tubes.

Les gaz achèvent de se refroidir en sortant du faisceau tubulaire et se répandent par la boîte à fumée *i*, *i*, dans le grand carneau en maçonnerie qui enveloppe l'appareil entier et conduit à la cheminée.

La fumée s'échappe cependant à une température telle que le tirage n'en souffre aucunement.

Il faut reconnaître que, dans son ensemble et dans ses détails, la chaudière à foyer tubulaire amovible et à retour de flammes construite par MM. Weyher et Richemond, présente une série d'avantages indiscutables.

Nous nous bornerons à signaler d'abord entre toutes, la disposition avantageuse qui consiste à ne relier le vaporisateur à la calandre qu'en un point, ce qui laisse à la dilatation toute sa liberté.

Nous ferons, en outre remarquer que les plaques tubulaires ne reçoivent jamais le coup de feu direct et sont soustraites à la détérioration si dangereuse des abouts des tubes. il arrive en effet, quand les gaz à une température élevée et

même quelquefois en pleine combustion, viennent toucher ces points d'assemblage que les bagues ou les collets expansés sont détruits et brûlés rapidement.

Dans le générateur qui nous occupe, la première plaque tubulaire rencontrée par les gaz est celle d'arrière et quand les gaz s'engagent dans les tubes qui y aboutissent, ils sont à une température trop faible pour y produire des dégâts quelconques.

Nous insisterons enfin sur la facilité de l'accès à toutes les parties de l'appareil, la sécurité qu'il présente et la marche régulière qu'il est à même d'assurer.

---

## GÉNÉRATEURS DE VAPEUR

(Système Charles et Babilot)

(MAISON CH. MORELLE ET C<sup>ie</sup>, A ANZIN)

(Planches 35-36)

---

La maison Ch. Morelle et C<sup>ie</sup> (ancienne maison Becco et C<sup>ie</sup>) à Anzin, exposait dans le Palais des Machines (galerie de pourtour, classe 52) un modèle de chaudière système Charles et Babilot; la maison Morelle et C<sup>ie</sup> est concessionnaire de ce système de générateur.

Le générateur Charles et Babilot est du système multitubulaire à retour de flammes et à tubes amovibles.

Il se compose essentiellement d'un faisceau tubulaire incliné, d'un collecteur horizontal à l'avant et au-dessus du faisceau et d'un réservoir supérieur d'eau et de vapeur.

Le faisceau tubulaire incliné se compose d'un nombre variable de séries verticales de tubes. Chaque série travaille isolément et dégage sa vapeur au collecteur supérieur par une tubulure spéciale. Ce collecteur est en communication immédiate avec le réservoir d'eau et de vapeur.

Une série verticale est constituée par la superposition d'un certain nombre de tubes, ou éléments vaporisateurs.

Chaque élément se compose d'un tube extérieur en fer, de 160 millimètres de diamètre et de 4 millimètres d'épaisseur, et d'un tube intérieur également en fer de 108 millimètres de diamètre sur 4 millimètres d'épaisseur.

Le tube extérieur, ainsi que l'indique notre dessin (planche 36) est rivé à ses deux extrémités sur des boîtes de raccordement en acier. Ces boîtes ont leurs faces supérieures et inférieures dressées au tour. Toutes les boîtes d'une même série verticale peuvent donc être mises en communication. Elles sont assemblées au moyen de boulons de 22 millimètres.

Le tube intérieur porte à chacune de ses extrémités une bague conique faisant joint avec les boîtes en acier.

La bague du côté arrière est plus petite que celle d'avant; ce détail a pour but de permettre la libre sortie du tube. En outre, pour éviter que le tube ne s'échappe dans un moment inopportun, la même bague d'arrière présente une petite échancrure dans laquelle on peut loger une clavette.

L'ensemble de ces dispositions détermine deux milieux absolument séparés dans la masse du faisceau tubulaire : celui dans lequel se déplaceront les gaz du foyer, c'est-à-dire l'intérieur des tubes de petit diamètre ; et celui dans lequel s'effectuera la circulation de l'eau et de la vapeur ; ce dernier se compose des espaces annulaires compris entre les deux tubes de chaque élément. Tous les espaces annulaires d'une même série communiquent entre eux, à l'avant comme à l'arrière des tubes au moyen des boîtes en acier que nous avons signalées plus haut.

La figure 1, insérée dans le texte de cette note représente le premier modèle employé de la chaudière Charles et Babilot. On voit que dans ce type, les séries verticales de tubes communiquaient à l'avant et à l'arrière avec des collecteurs supérieurs horizontaux débouchant au réservoir d'eau et de vapeur. La partie inférieure du faisceau était en communication avec un réservoir où s'accumulaient les boues entraînées par la circulation.

Cette disposition a par la suite été reconnue défectueuse. Celle qui est employée aujourd'hui est représentée dans l'atlas, par notre dessin en coupe verticale (planche 35).

Dans ce nouveau type, les communications des diverses séries verticales avec le réservoir supérieur, à l'arrière, est supprimée. Il en est de même, par suite, du collecteur par l'intermédiaire duquel ces communications étaient établies. Le retour d'eau a été rendu plus commode et la circulation plus active dans les éléments, par l'adaptation de deux tuyaux à large section réunissant l'arrière du réservoir supérieur à la chambre de déjection.

La forme du collecteur supérieur d'avant a été changée dans le nouveau type. Au lieu d'être à section carrée, ce collecteur est maintenant cylindrique. Il porte à sa partie inférieure des ouvertures circulaires dont les faces sont dressées à la machine, et au moyen desquelles s'établissent les communications avec les séries de tubes.

Les diverses boîtes d'une même série verticale affectent une forme spéciale, ainsi que l'indique notre planche 36 ; on voit que les faces tournées de ces boîtes se prêtent à un emmanchement conique qui assure au joint l'étanchéité la plus complète. Le raccordement entre les boîtes supérieures des diverses séries et le collecteur horizontal supérieur est fait de la même manière.

La figure 2 qui est une vue de face en élévation de la chaudière montre de quelle façon sont réunies les boîtes superposées et donne une idée de l'ensemble du faisceau tubulaire monté.

Le collecteur supérieur horizontal et le réservoir inférieur de dépôts sont construits en tôle de fer et rivés. Nous avons vu que ces deux parties de l'appareil étaient de forme cylindrique. Elles portent chacune deux trous d'homme pour en faciliter le nettoyage et l'entretien. En outre, le réservoir inférieur porte le tuyau pour l'amenée de l'eau d'alimentation et le robinet de vidange de la chaudière.

Le réservoir supérieur d'eau et de vapeur est disposé dans l'axe du faisceau tubulaire. Il porte deux fonds bombés emboutis rivés à l'enveloppe. Chaque fond

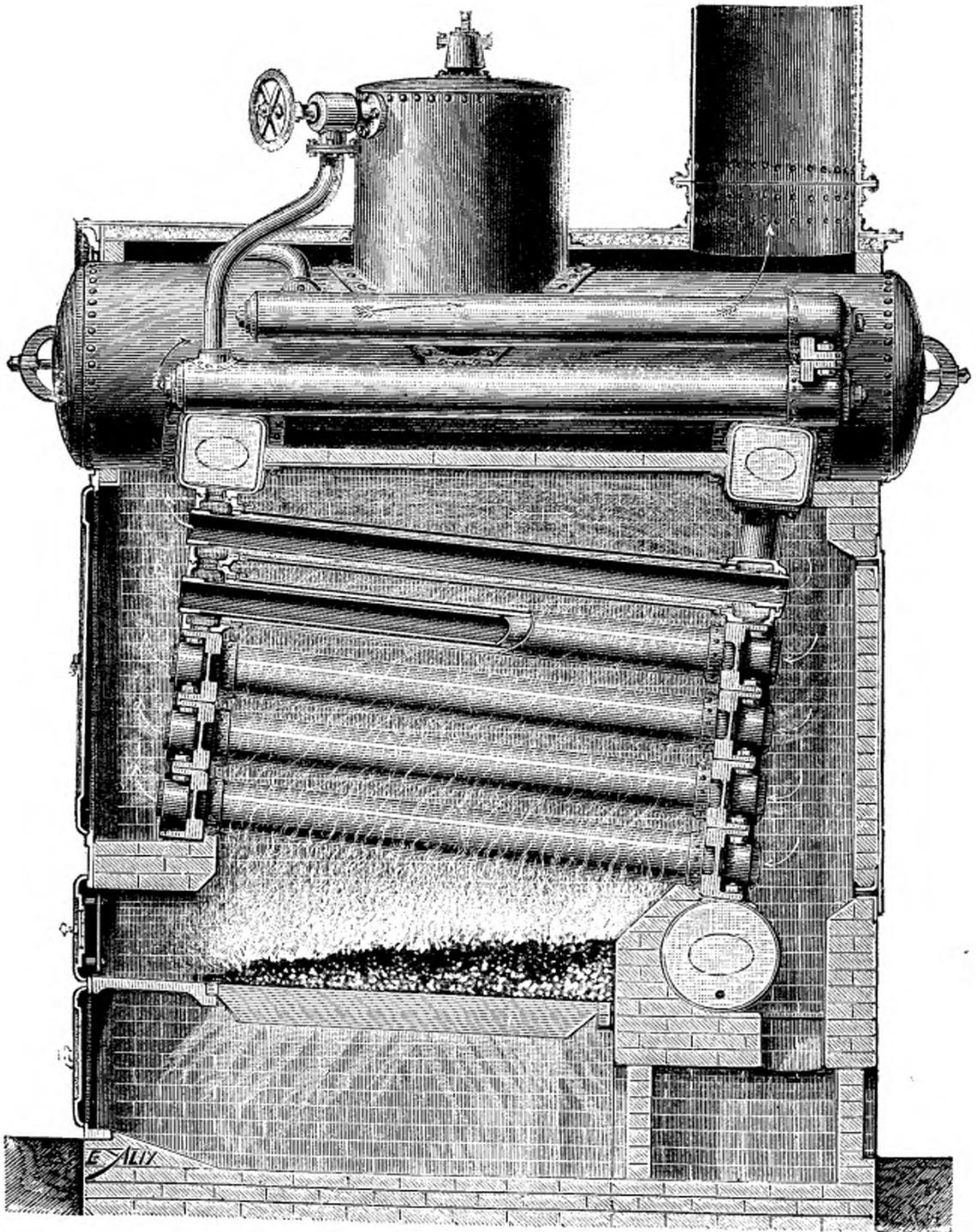


FIG. 1. -- GÉNÉRATEUR MULTITUBULAIRE, SYSTÈME CHARLES ET BABILLOT.  
(COUPE LONGITUDINALE)

présente en son milieu un trou d'homme fermé par un bouchon autoclave. Il est surmonté d'un dôme d'un diamètre assez considérable. — Ce dôme est égale-

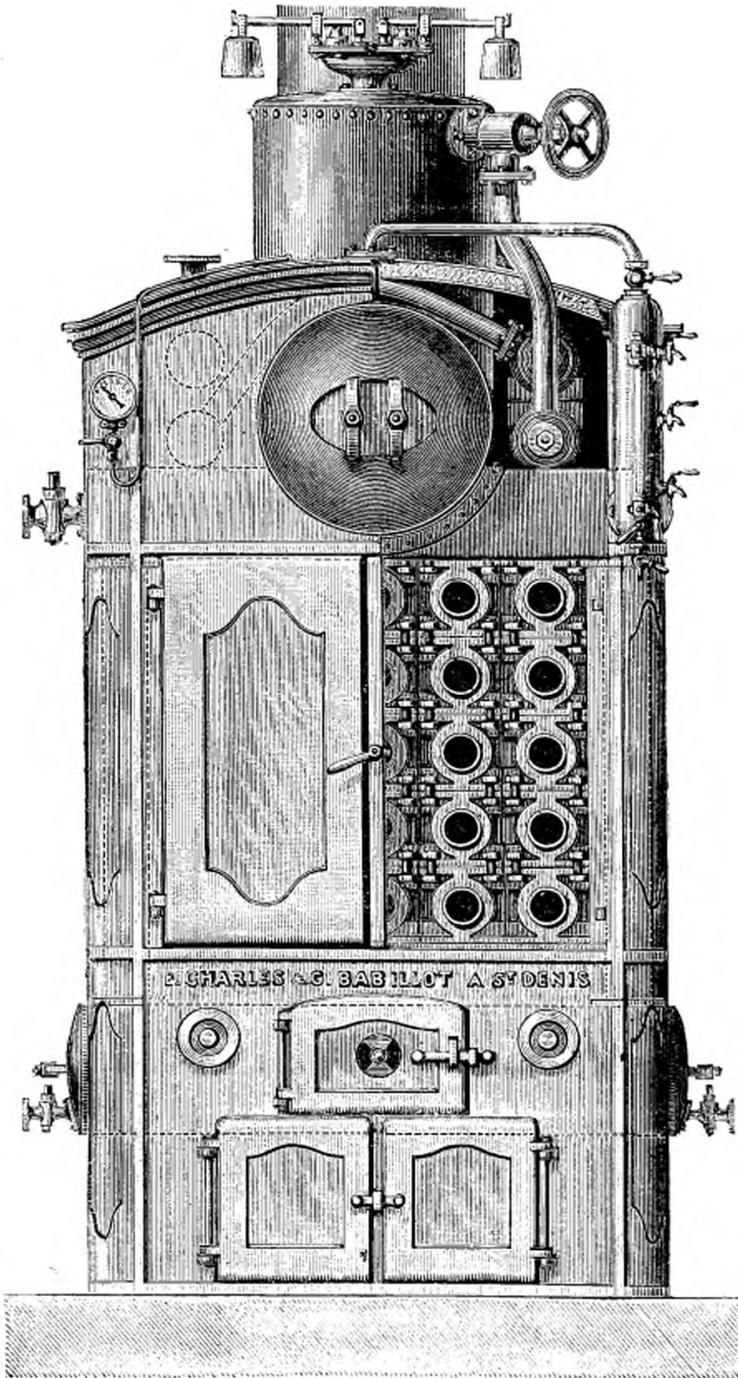


FIG. 2. — GÉNÉRATEUR MULTITUBULAIRE, SYSTÈME CHARLES ET BABILLOT.  
(VUE DE FACE)

ment construit en tôle de fer ; il est rivé à l'enveloppe. A sa partie supérieure sont montées les soupapes de sûreté, ainsi que la valve de prise de vapeur.

Cette valve donne accès à la vapeur d'abord dans un tuyau de petit diamètre, puis dans une série de quatre gros tubes sécheurs disposés en serpentín, deux à deux de chaque côté du corps cylindrique du réservoir. A la sortie de ces quatre tubes, la vapeur est prête à être employée.

Le réservoir supérieur d'eau et de vapeur est comme l'indique la figure 1 et notre planche 35, disposée dans une chambre voutée, à revêtement métallique intérieur. Cette chambre se termine à la partie postérieure par une collerette en tôles et cornières sur laquelle on fixe la cheminée.

Les figures montrent suffisamment la disposition des organes accessoires de la chaudière. Nous nous dispenserons donc de les faire figurer dans la description.

Le fonctionnement de la chaudière Charles et Babillot est des plus simples. Le principe de la circulation intérieure ne diffère aucunement de celui des autres systèmes multitubulaires, savoir :

1° Echauffement de l'eau dans les tubes inférieurs du faisceau, formation de vapeur qui en vertu de sa faible densité s'élève à l'avant des tubes, ascension de cette vapeur à travers les boîtes de raccord, puis dégagement au plan d'évaporation.

2° Appel d'eau formé par le dégagement de la vapeur engendrée dans le faisceau ; mouvement de haut en bas du liquide dans les tuyaux de retour à l'arrière et mouvement d'arrière en avant dans les éléments vaporisateurs.

Comme dans tous les générateurs multitubulaires, la vitesse de la circulation des fluides dans le faisceau est une garantie de la propreté dans laquelle peuvent être tenues les surfaces intérieures. On sait que cette vitesse de circulation et par suite la plus ou moins grande inincructabilité de l'appareil ne peuvent être obtenues que par l'emploi de grandes sections de dégagement pour la vapeur formée. Il n'y a de côté rien à reprendre au système que nous décrivons.

La circulation des gaz du foyer s'explique d'elle-même. On voit que ces gaz s'élèvent à travers le faisceau tubulaire en léchant la surface extérieure des gros tubes, puis se déplacent horizontalement à la partie supérieure du faisceau pour venir faire retour par les tubes intérieurs des éléments. Les gaz reviennent ainsi à l'avant du générateur. La dernière partie de leur calorique utilisable est abandonnée dans le parcours de la chambre du réservoir, au contact de ce réservoir d'abord, et enfin des gros tubes sécheurs.

On doit remarquer, à l'examen du système de générateur Charles et Babillot qu'on n'a pas suivi, dans sa construction les mêmes principes que dans les autres générateurs, quant à la disposition générale du faisceau.

Dans les autres systèmes, en effet, on s'est ingénié à resserrer les tubes et à les disposer de telle sorte que les gaz du foyer les échauffent tous sans exception.

Dans la chaudière Charles et Babilot, les inventeurs ont craint qu'une semblable disposition ne produise l'extinction des gaz au moment inopportun et il a été laissé entre les tubes le plus grand espace libre possible.

Cette disposition, que nous n'apprécions pas, n'influe pas malgré tout, d'une manière sensible sur la valeur de la surface de chauffe obtenue pour un emplacement déterminé. On conçoit, en effet, que la présence des tubes intérieurs des éléments fait regagner dans une certaine mesure la surface perdue par le grand écartement des éléments vaporisateurs.

L'entretien et le nettoyage de la chaudière Charles et Babilot sont fort peu compliqués. Le nettoyage extérieur des gros tubes se fait au moyen de la lance à vapeur que l'on peut introduire entre les boîtes de raccordement par des ouvertures ménagées à cet effet. Les tubes intérieurs sont très facilement enlevés et nettoyés d'une façon complète. Cette dernière opération est simple et fort rapide.

Il est bon de noter en passant que les ouvertures laissées entre les boîtes de raccordement, pour le ramonage à la lance du faisceau tubulaire, sont fermées en marche normale par de petits bouchons en fonte. Cette précaution est nécessaire à cause du retour des flammes que de telles communications pourraient contrarier.

Le générateur Charles et Babilot nous semble présenter par son système et par la nature de sa construction, les garanties les plus sérieuses. La maison Ch. Morelle et C<sup>ie</sup>, à Anzin, est d'ailleurs remarquablement outillée pour ce genre de travaux et le générateur que nous avons décrit fait l'objet de tous ses soins.

Les matériaux employés pour la construction du générateur Charles et Babilot sont d'excellente qualité. Le travail de chaudronnerie et le travail d'ajustage que l'appareil comporte sont de tous points irréprochables.

L'emploi du générateur Charles et Babilot s'est répandu surtout dans les usines du Nord. Il doit son succès aux causes que nous indiquons plus haut et aussi aux garanties qu'il offre quant à la régularité de sa marche et à la sécurité générale. Ce dernier point est suffisamment démontré si nous disons que les différents tubes du faisceau sont éprouvés à la pression de 30 kilogrammes pour être ensuite montés sur des générateurs timbrés à 10 kilogrammes, et que le réservoir et les appareils accessoires, collecteur et déjecteur sont essayés au double du timbre.

Quant à la question de la régularité de la marche, elle n'entraîne aucun doute si l'on considère la capacité du réservoir supérieur et par suite le volant calorifique dont on dispose.

La construction du générateur Charles et Babilot comprend vingt-deux types principaux dont les caractéristiques importantes sont renfermées dans le tableau suivant :

TABLEAU SYNOPTIQUE DES PRINCIPAUX ÉLÉMENTS DES GÉNÉRATEURS  
SYSTÈME CHARLES ET BABILLOT

NUMÉROS D'ORDRE	SURFACE DE CHAUFFE en mètres carrés		DIMENSIONS PRINCIPALES			PRODUCTEUR de vapeur par heure
	Tubulaire	Totale	Longueur	Largeur	Hauteur	
	mètres carrés	mètres carrés	m. c.	m. c.	m. c.	kilogs.
21	4	7.30	1.30	0.81	1.70	80
22	6	9 »	1.30	0.81	2 »	120
23	8	11.40	1.30	1 »	2.10	160
24	10	14.20	1.40	1 »	2.15	200
25	12	16.70	1.60	1 »	2.25	240
26	15	19.30	1.70	1 »	2.50	300
27	20	27.60	1.80	1.20	2.60	400
28	25	29.60	1.90	1.45	2.70	500
29	30	36.70	2 »	1.50	3.05	600
30	35	40.70	2.10	1.50	3.10	700
31	40	48.80	2.10	1.70	3.35	800
32	50	57.80	2.40	1.75	3.55	1.000
33	60	68.80	2.50	2 »	3.75	1.200
34	70	81.20	2.50	2.40	3.80	1.400
35	80	94.90	2.60	2.40	4.05	1.600
36	90	104 »	2.65	2.50	4.20	1.800
37	100	118.80	2.65	2.80	4.25	2.000
38	110	126 »	2.75	2.80	4.25	2.200
39	120	139.60	2.75	2.80	4.50	2.400
40	130	150.10	3 »	2.80	4.50	2.600
41	140	161.40	3 »	2.80	4.65	2.800
42	150	170.40	3 »	2.80	4.65	3.000

## GÉNÉRATEURS DE VAPEUR

(Maison Lacroix, à Paris)

---

La maison E. Lacroix, 190, quai Jemmapes, à Paris, avait installé pour le service du Syndicat international des Électriciens une chaudière multitubulaire du système Maniguet. D'autres chaudières à l'état inerte, construites par la même maison, figuraient dans la classe 52 (Palais des Machines).

Les figures n<sup>os</sup> 1 et 2, insérées dans le texte, sont les coupes longitudinale et transversale de la chaudière du type industriel qui a fonctionné à l'Exposition.

Cette chaudière se compose :

1<sup>o</sup> De deux éléments composés chacun de deux faisceaux tubulaires placés l'un à la suite de l'autre et inclinés de l'avant à l'arrière du foyer. Ces deux éléments reçoivent l'action directe des gaz de la combustion.

2<sup>o</sup> De deux caissons en fer forgé dans lesquels sont fixées les extrémités des tubes des deux faisceaux. Le caisson d'avant est relié par sa partie supérieure à un réservoir cylindrique placé transversalement à l'axe de la chaudière. Le caisson d'arrière communique par sa partie inférieure avec un petit réservoir cylindrique jouant le rôle de collecteur de dépôts.

3<sup>o</sup> D'un réservoir supérieur d'eau et de vapeur, en forme de T, surmonté d'un dôme rivé, sur lequel se fait la prise de vapeur.

4<sup>o</sup> D'un tuyau sécheur, placé dans l'atmosphère de vapeur du réservoir et communiquant avec la canalisation générale de distribution.

5<sup>o</sup> De deux tuyaux de retour d'eau placé à la partie postérieure de la chaudière et faisant communiquer l'arrière du réservoir supérieur avec le collecteur de dépôts placé au bas du caisson d'arrière.

L'ensemble forme un circuit complet dans lequel se meuvent l'eau et la vapeur, comme nous l'avons vu dans différents autres systèmes.

Chaque faisceau tubulaire est, comme l'indiquent les figures 1 et 2, constitué par deux séries de tubes reliées l'une à l'autre.

La série antérieure est formée d'un certain nombre de gros tubes de 160 millimètres de diamètre. Chacun de ces tubes est solidement fixé à la plaque tubulaire du caisson d'avant. En face de chacun d'eux se trouve une ouverture, fermée par un joint métallique autoclave. Ce joint est constitué par un tampon conique qui n'exige l'interposition d'aucune matière plastique.

Chaque gros tube de la série antérieure est terminé à l'arrière par une bague soudée dans laquelle sont mandrinés quatre tubes de 45 millimètres de dia-

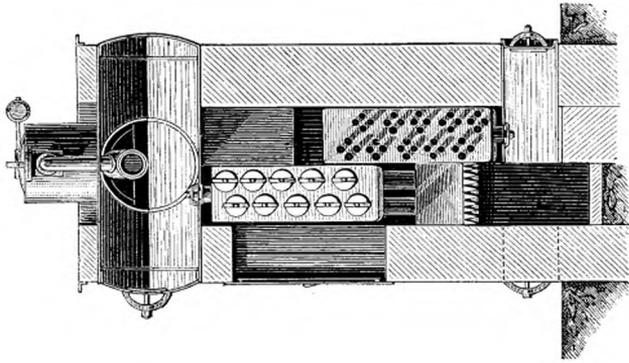


FIG. 2

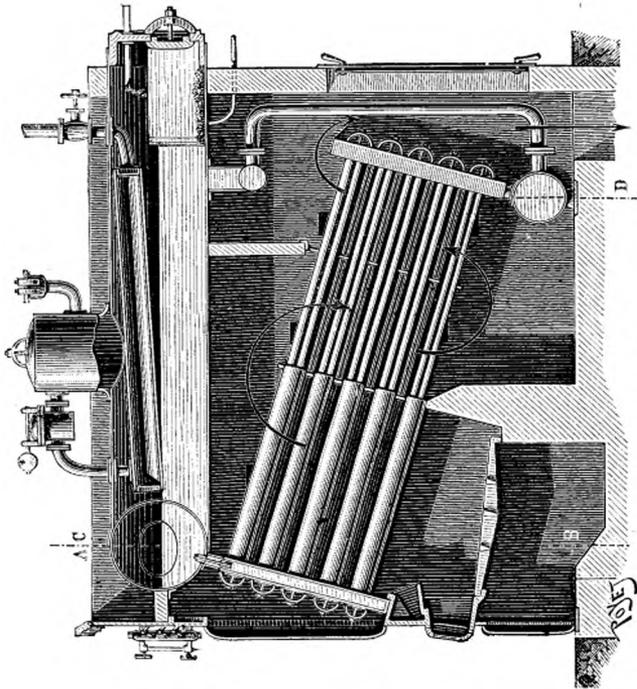


FIG. 1

GÉNÉRATEUR DE VAPEUR, SYSTÈME LACROIX

mètre. Ces tubes de petit diamètre forment le deuxième faisceau. Ils sont fixés par leur partie postérieure à la plaque tubulaire du caisson correspondant. En face

de chaque groupe de quatre tubes se trouve le même joint autoclave qu'à l'avant de la chaudière.

L'accès intérieur de chaque élément vaporisateur est rendu de ce fait très facile et les nettoyages s'y font rapidement.

A l'intérieur du fourneau se trouvent deux chicanes qui allongent le parcours des gaz de la combustion ; la première est située exactement à l'extrémité des tubes du faisceau antérieur, la deuxième vers le milieu du faisceau postérieur ; cette dernière est prolongée au-dessus par une murette en briques s'élevant jusqu'au réservoir supérieur d'eau et de vapeur.

La chambre du foyer est entièrement disposée sous le faisceau tubulaire d'avant. Les gaz de la combustion s'élevant à travers ce faisceau, s'y distribuent dans toutes ses parties, en agissant sur la partie inférieure du réservoir supérieur. Le calorique qu'ils conservent est retenu au contact des petits tubes d'arrière. Après avoir parcouru deux fois l'ensemble de ces tubes dans son épaisseur, ils redescendent derrière le caisson postérieur de la chaudière et se rendent à la cheminée, appelés par le tirage.

La circulation des fluides, eau et vapeur, à l'intérieur de la chaudière, ne diffère aucunement de celle que nous avons examinée dans beaucoup de types antérieurement décrits. Nous ne nous y arrêtons donc pas.

L'eau d'alimentation arrive, comme l'indique la figure 1, dans un compartiment spécial situé à l'arrière du réservoir supérieur d'eau et de vapeur. Ce compartiment est isolé en partie du reste du réservoir et il fait l'office de *déjecteur*.

L'eau est projetée en pluie dans ce compartiment. Sous l'influence de la rapide élévation de température, elle se décante : les sels calcaires sont en partie déposés, puis l'eau épurée se déverse dans la grande capacité du réservoir où elle est soumise au courant de la circulation en passant par le collecteur situé à la partie inférieure de la chaudière et communiquant avec la partie inférieure du caisson d'arrière.

Le chauffage de l'eau dans les tubes des deux faisceaux et le dégagement de la vapeur produite sont suivis par une opération qui a pour but de débarrasser cette vapeur des vésicules d'eau entraînée. Toutefois, au lieu de procéder à ce séchage en faisant passer la vapeur dans la chambre de combustion au-dessus du faisceau tubulaire, on a simplement disposé sur le dôme du réservoir supérieur un détendeur automatique, à la suite duquel est installé un tuyau plongeant dans ce réservoir et remontant de l'avant à l'arrière dans son intérieur pour en sortir sèche à l'arrière.

Ce dispositif a l'avantage de sécher la vapeur produite sans en produire le surchauffement. On sait en effet que la vapeur surchauffée d'une façon excessive présente le grave inconvénient de provoquer dans les machines le grippement des surfaces subissant son action directe.

Le surchauffement de la vapeur, pour amener un fonctionnement régulier et

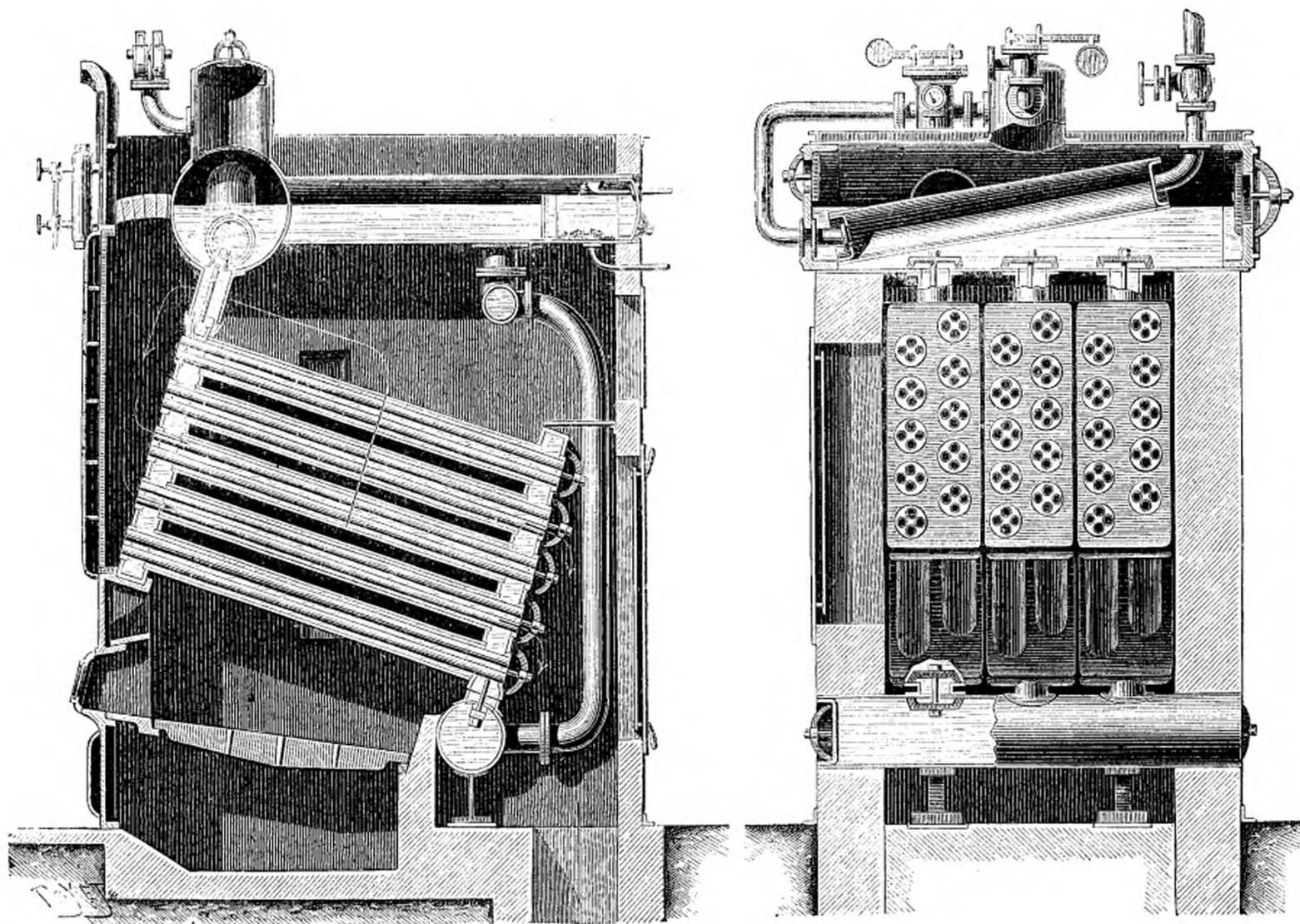


FIG. 3 et 4 — GÉNÉRATEUR DE VAPEUR, SYSTÈME LACROIX

sûr des machines ne doit pas excéder deux degrés au-dessus de la température correspondante à la pression indiquée.

M. Lacroix a appliqué à la chaudière industrielle que nous venons de décrire un nouveau système de foyer à tannées humides et à sciure de bois, permettant d'une façon générale l'utilisation des combustibles pauvres.

Il a également fait l'application d'un système de foyer au moyen duquel on peut employer comme combustible les bagasses ou résidus de la fabrication du sucre de cannes.

Les figures 1 et 2 représentent, comme nous l'avons dit précédemment, la chaudière qui a fonctionné à la station centrale du syndicat international des Électriciens. Cette chaudière a fonctionné pendant les six mois d'exploitation pour le service de l'éclairage et elle a donné toute satisfaction.

Le groupe des appareils exposés par M. Lacroix dans le Palais des Machines (classe 52) comprenait notamment une chaudière, système Maniguet, représentée par les figures 3 et 4.

Ce type spécial a été particulièrement étudié pour les installations nécessitant une grande puissance de vaporisation dans un emplacement relativement restreint. C'est le type à retour de flammes tubulaire intérieur et à faisceau tubulaire amovible.

La chaudière exposée dans la galerie de pourtour du Palais des Machines (classe 52) était capable de fournir la vapeur nécessaire au fonctionnement d'une machine de 125 chevaux. L'emplacement qu'elle occupait pouvait être circonscrit dans un rectangle ne mesurant pas plus de 2<sup>m</sup>,90 sur 2<sup>m</sup>,40. Elle était classée en deuxième catégorie.

Cette chaudière, dans son ensemble, se compose des parties essentielles suivantes :

1° Une série de faisceaux tubulaires inclinés de l'avant à l'arrière de l'appareil et formant un nombre variable d'éléments vaporisateurs.

2° Une série de caissons en fer forgé recevant à l'avant et à l'arrière les extrémités des tubes de chaque élément. Ces caissons communiquent, comme ceux de la chaudière du type industriel précédemment décrit, à l'avant et au-dessus avec un réservoir cylindrique de grande capacité, à l'arrière et à la partie inférieure avec un petit réservoir servant de collecteur de dépôts.

3° Un réservoir supérieur d'eau et de vapeur en forme de T, recevant à l'avant les dégagements de vapeur des éléments vaporisateurs et à l'arrière l'arrivée d'eau d'alimentation dans un compartiment déjecteur semblable à celui de la chaudière industrielle.

4° Un collecteur de dépôts, à l'arrière de la chaudière, recevant les adductions des caissons de chaque élément.

5° Un gros tuyau de retour d'eau faisant communiquer le réservoir supérieur d'eau et de vapeur avec le collecteur de dépôts.

6° Un appareil sécheur, semblable à celui que nous avons décrit pour la chaudière du type industriel.

7° Un foyer en briques s'étendant sous la totalité du faisceau tubulaire.

8° Les appareils d'indication, de sûreté et de contrôle exigés par les règlements.

9° Les organes de suspension de la chaudière, les devantures, les portes de nettoyage et les accessoires divers.

Chaque élément vaporisateur est composé de deux caissons rectangulaires en fer forgé, l'un à l'avant, l'autre à l'arrière ; de deux séries inclinées de gros tubes disposés en quinconce et reliés aux parois intérieures des caissons ; enfin de tubes de plus petit diamètre disposés par groupes de quatre à l'intérieur des précédents et reliés aux parois extérieures des mêmes caissons.

Les gros tubes ont un diamètre de 210 millimètres, et sont mandrinés dans les parois des caissons où ils aboutissent. Les petits tubes ont seulement 65 millimètres ; ils sont reliés quatre par quatre à leurs extrémités par deux tampons coniques qui font joint dans les ouvertures des parois externes des collecteurs.

A l'arrière les faisceaux de petits tubes sont maintenus par un fort boulon, dont l'écrou prend appui sur un étrier en fer forgé.

A part cette disposition particulière du faisceau tubulaire, qui donne naissance à un retour de flammes, les autres parties de la chaudière sont semblables à celles de la chaudière précédemment décrite.

Les produits de la combustion circulent d'abord autour des gros tubes où s'opère le mélange intime des gaz ; la disposition des cloisons à l'intérieur du faisceau tubulaire fait que ces gaz passent à l'avant de la chaudière traversent les petits tubes intérieurs et débouchent ensuite par un carneau à la cheminée.

La marche de l'eau à vaporiser est la même que dans la première chaudière. Cette eau est d'abord soumise à l'action d'un épurateur constitué par un compartiment spécial dans le réservoir supérieur d'eau et de vapeur.

L'emploi de tubes conjugués pour le retour des gaz du foyer ne complique aucunement la question du nettoyage intérieur des éléments vaporisateurs. On a vu en effet que, par suite de cette disposition, il suffit de démonter les barrettes de l'arrière du générateur pour pouvoir retirer facilement les petits faisceaux et les nettoyer.

Le changement des tubes s'effectue sans aucune difficulté. Leurs extrémités ne présentant aucune particularité, on les prend tels quels dans le commerce et on les sectionne à la longueur voulue.

Pour les chaudières qui doivent être montées loin de leur point de fabrication, M. Lacroix a étudié et adopté un système de suspension spécial ; ce système consiste en un berceau incliné entièrement en fer, sur lequel on fixe les différentes parties du générateur. L'appareil peut alors être entièrement monté sans

la maçonnerie qui est faite en dernier lieu et qui est ainsi absolument indépendante de la partie métallique.

M. Lacroix construit en outre des deux systèmes multitubulaires que nous venons d'examiner, un type de chaudière à tubes verticaux et à enveloppe extérieure amovible. Ce type de chaudière était exposé dans la classe 52 (Palais des Machines).

La particularité de la chaudière verticale Lacroix est la possibilité de mettre entièrement à nu le faisceau tubulaire et le ciel du foyer en démontant seulement quelques joints entre la partie mobile et la partie fixe de l'enveloppe. La première de ces parties peut alors être facilement enlevée au moyen d'un palan.

Ce démontage opéré, il est très commode d'effectuer le nettoyage des tubes du foyer et de les débarrasser complètement des dépôts calcaires plus ou moins adhérents qui s'y forment.

Les surfaces internes de l'appareil pouvant à peu de frais être tenues dans un parfait état de propreté, il en résulte une grande sécurité dans le fonctionnement normal, en même temps qu'une économie sensible sur le combustible employé ; en outre les tôles de la chaudière ne sont pas exposées à être portées au rouge par suite de la présence nuisible d'une couche de tartre à leur surface ; la durée des organes soumis au coup de feu se trouve de ce fait augmentée.

---

# GÉNÉRATEURS DE VAPEUR

(Maison A. Montupet, à Paris)

(Planches 51 et 52).

---

La maison A. Montupet, 19 et 21, rue de la Voûte à Paris, construit une grande variété de chaudières à vapeur : générateurs à bouilleurs ordinaires, générateurs tubulaires, semi-tubulaires, chaudières Field, chaudières multitubulaires système Montupet, etc., ainsi que plusieurs organes spéciaux de générateurs, parmi lesquels nous distinguerons les tubes démontables à dilatation libre, et un certain nombre d'appareils accessoires, soupapes, surchauffeurs et sécheurs de vapeur.

M. Montupet exposait en activité, pour le service de l'éclairage du Syndicat international des Électriciens, un générateur multitubulaire de son système.

Le générateur, système Montupet, a quelque analogie avec divers systèmes de chaudières multitubulaires examinés précédemment. C'est surtout dans la disposition générale que cette analogie est marquée. Si l'on étudie les détails de construction et qu'on mette en ligne de compte la nature de cette construction, la chaudière Montupet présente toutefois des particularités intéressantes et des différences appréciables avec les types similaires.

La chaudière Montupet se compose essentiellement d'un faisceau tubulaire, incliné de l'avant à l'arrière, et divisé en un nombre variable d'éléments ou séries verticales de tubes, de collecteurs en fer forgé auxquels les tubes sont réunis à l'avant et à l'arrière, d'un réservoir supérieur d'eau et de vapeur communiquant avec les collecteurs d'avant et d'un déjecteur ou réservoir de dépôts relié à l'arrière avec les collecteurs correspondants.

Chaque élément vaporisateur est formé de deux rangées de tubes disposés en plans verticaux et réunis par des boîtes en fer forgé, fabriquées dans les ateliers de M. Montupet.

Les dessins qui figurent dans notre planche 51-52 donnent une idée exacte de cette disposition.

Les boîtes en fer forgé ou collecteurs d'avant et d'arrière forment joints d'un côté avec le réservoir supérieur, de l'autre avec le collecteur de dépôts.

Les joints avec ces deux récipients sont faits au moyen de tubulures de grands diamètres ; ces joints ne présentent aucune difficulté d'exécution : ils peuvent être visités facilement et sont accessibles dans toutes leurs parties.

Chaque élément vaporisateur débouche directement dans le grand réservoir placé transversalement à l'avant et à la partie supérieure de la chaudière. Cette disposition conduit d'abord à un dégagement plus facile de la vapeur engendrée dans les tubes. Elle entraîne également une diminution de l'agitation du niveau de l'eau qui est toujours considérable quand tous les éléments débouchent en un seul point,

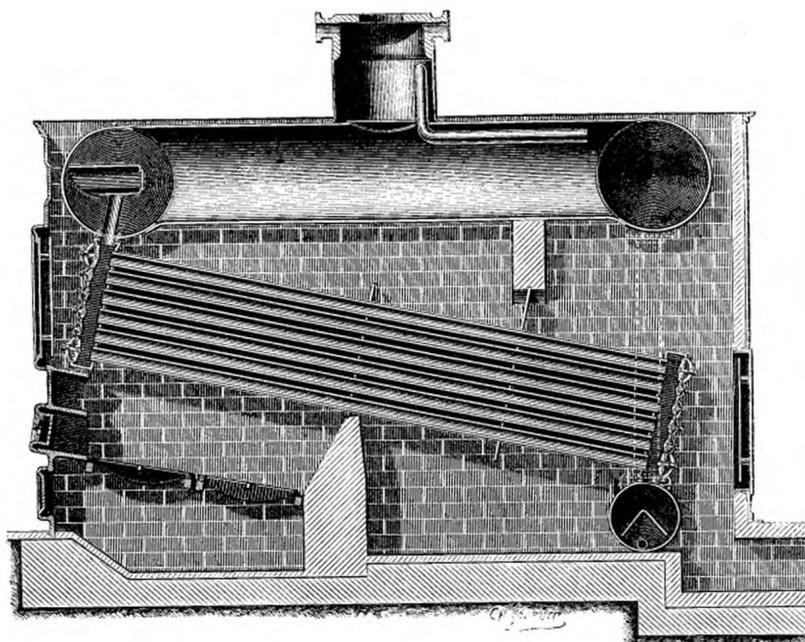


FIG 1 — GÉNÉRATEUR, SYSTÈME MONTUPET. COUPE TRANSVERSALE

Les boîtes représentées dans la coupe longitudinale de la chaudière, au-dessus de chaque collecteur, sont construites en tôle mince, renforcées par des cornières de petits échantillons. Elles émergent, en marche normale, de quelques centimètres au-dessus du niveau de l'eau. Ce dispositif effectue la séparation mécanique de l'eau et de la vapeur. L'eau entraînée est projetée sur la tôle supérieure des boîtes ; elle retombe en gouttelettes dans la masse d'eau du réservoir et est soumise de nouveau à la circulation générale.

La coupe transversale de la chaudière indique que chaque collecteur porte à la partie supérieure une pièce spéciale le faisant communiquer avec le réservoir d'eau et de vapeur. Cette pièce spéciale est construite en fer ondulé : elle est mandrinée fortement sur le collecteur lui-même et assemblée à boulons avec le

réservoir supérieur. Sa forme lui permet de se prêter facilement à tous les mouvements produits par la dilatation des divers organes.

Le réservoir supérieur d'eau et de vapeur affecte la forme d'un double T. Cette forme correspond d'abord à une grande surface d'évaporation. Elle permet, en outre, pour un volume d'eau relativement élevé de n'employer que des corps cylindriques de diamètres restreints, ce qui augmente la sécurité présentée par l'appareil.

La forme en double T facilite enfin l'opération du montage. Elle permet de supprimer les calages exigés dans l'installation d'un réservoir complètement cylindrique.

Le réservoir porte, sur la grande branche du double T et le plus à l'arrière qu'il est possible, un dôme rivé sur lequel s'effectuent les prises de vapeur et sont montés les appareils de sûreté. Contrairement à ce qui existe dans la plupart des chaudières, ce dôme ne communique pas directement avec l'intérieur du réservoir. L'ouverture qui existe dans l'enveloppe du corps cylindrique au droit de ce dôme est même, en marche normale, maintenue fermée par un bouchon mobile en tôle.

La vapeur ne peut passer du réservoir au dôme de prise que par le tuyau figuré dans la coupe longitudinale du générateur ; ce tuyau est placé dans un point de l'appareil où l'eau ne subit aucun mouvement tumultueux ; de plus il prend la vapeur contre la paroi même du réservoir, la forçant ainsi à opérer un changement de direction qui a pour effet de l'égoutter complètement et il la conduit dans le dôme où elle est projetée tangentiellement contre la tôle.

Cette dernière action mécanique fait que la vapeur du dôme est absolument sèche et qu'elle peut de là être envoyée à la machine en toute sécurité.

L'alimentation du générateur multitubulaire, système Montupet, se fait à l'avant du réservoir supérieur, soit au niveau normal de l'eau, soit préférablement dans la vapeur elle-même. Cette disposition a pour effet de réchauffer brusquement l'eau froide envoyée dans l'appareil, de manière que, dans le mouvement de circulation générale, cette eau arrive à l'arrière de ce réservoir, aux deux gros tubes de retour, à une température supérieure à 165 degrés centigrades. A cette température, en effet, tous les sels incrustants y compris les sulfates sont précipités et peuvent être entraînés par une simple action mécanique.

Les sels calcaires en suspension dans l'eau sont entraînés par la circulation active qui se développe dans les diverses parties du générateur ; ils sont déposés à leur arrivée dans le décanteur d'arrière, en vertu de leur densité beaucoup plus considérable que celle de l'eau et de la faible vitesse du liquide en ce point de la chaudière.

Les dépôts, sous forme de boues très peu consistantes s'accablent de chaque côté de la tôle en forme de V renversé placée dans le décanteur.

Cette tôle laisse à sa partie inférieure un jeu de 20 millimètres. Les impu-

retés s'écoulent donc vers l'axe du réservoir et sous cette épaisseur de 20 millimètres environ. Elles arrivent au contact d'un tube longeant le décanteur en entier et ouvert à sa partie inférieure suivant une génératrice. Ce tube, à environ 10 millimètres de l'enveloppe cylindrique du réservoir, plonge donc constamment dans une couche de dépôts. Il porte à l'une de ses extrémités un robinet de vidange par lequel ces impuretés peuvent être expulsées.

M. Montupet, après une série d'expériences faites sur ses appareils avec les eaux industrielles les plus mauvaises, a reconnu qu'une addition de résine de campêche comme désincrétant permettait d'entretenir pendant une longue période les surfaces internes en parfait état de propreté.

Cette addition de résine de campêche n'est utile, toutefois, qu'au cas où l'on n'aurait que des eaux très incrustantes. Il reste entendu que pour les cas ordinaires, la décantation par la chaleur n'a pas besoin d'être secondée par un agent chimique.

Les boîtes en fer forgé auxquelles aboutissent les tubes des différents éléments portent sur leurs faces externes et en face de chaque tube une ouverture pour la visite et le nettoyage intérieurs.

Cette ouverture est fermée en marche par un tampon formant joint métallique et tourné coniquement ; chacun de ces tampons s'appuie dans l'ouverture qui est de forme exactement circulaire et qui est fraisée sur le même cône.

Ce dispositif fait que la vapeur elle-même assure le joint et que ce joint est absolument étanche sans exiger l'interposition de matières plastiques.

Le mode de fixation des tubes du faisceau dans les parois internes des caissons en fer forgé mérite une mention spéciale :

Les ouvertures pratiquées dans les boîtes sont d'abord alésées avec le plus grand soin ; cette première opération terminée on fait sur la même machine à aléser et à l'aide d'un grain d'orge une petite rainure sur tout le tour de l'ouverture et au milieu de l'épaisseur de la plaque.

Au mandrinage énergique auquel est soumis le tube dans cette ouverture, la petite rainure est complètement remplie par le métal du tube et celui-ci est aussi solidement fixé que s'il était brasé sur la plaque ou ancré d'une façon quelconque.

Cette opération met les points d'assemblage des tubes et des collecteurs à l'abri de toute chance de fuite et de toute détérioration. La nervure ainsi formée empêche le tube de prendre le moindre jeu dans l'épaisseur des plaques.

Les éléments vaporisateurs peuvent facilement et rapidement être remplacés dans le cas d'une avarie quelconque. Un arrêt de quelques heures suffit à cette manœuvre et les ouvriers les moins exercés peuvent en être chargés.

La coupe longitudinale représentée, planche 51-52 montre que le circuit de circulation interne est complété par une communication établie entre l'arrière du

réservoir supérieur d'eau et de vapeur et le réservoir décanteur situé à la partie inférieure de l'appareil.

Cette communication est assurée au moyen de deux tuyaux en fer, de gros diamètre, assemblés à boulons aux deux capacités à relier. Dans une partie de leur longueur, ces deux tuyaux sont ondulés, ce qui leur laisse la liberté de se dilater et de se fléchir sans influencer les points d'attache. Leur fort diamètre fait que l'eau possède dans cette partie de la chaudière une vitesse relativement faible. Nous avons vu que cette condition était nécessaire pour la déjection des sels précipités.

Les dispositions générales de la chaudière multitubulaire, système Montupet rendent l'appareil facilement applicable dans les installations où la place réservée aux générateurs est relativement restreinte.

Il a été fait de l'appareil que nous avons décrit de nombreuses et intéressantes applications dans les installations électriques, dans les sous-sols des maisons d'habitation, pour le chauffage des locaux de grande importance et enfin dans un grand nombre d'installations industrielles.

Ajoutons pour terminer cet exposé que la chaudière multitubulaire, système Montupet, est d'une construction aussi soignée que possible. Elle a fourni un très bon service de six mois pour le service du syndicat des Électriciens. Le travail d'ajustage ne laisse rien à désirer ; quant aux travaux de forge et de chaudronnerie ils ne comportent l'exécution d'aucune pièce compliquée. L'ensemble présente donc toute la sécurité désirable.

---

## GÉNÉRATEURS DE VAPEUR

(Maison Archambault & C<sup>ie</sup>, à Saint-Denis)

---

La maison Archambault et C<sup>ie</sup> (anciennement Archambault et Soucaille) à Saint-Denis (Seine), exposait en activité une chaudière, construite dans ses ateliers, pour le service du Syndicat international des Électriciens. Cette chaudière était du système Thomas et Laurens, que nous ne décrirons pas, ayant fait la description de ce système à propos des chaudières de la Société centrale de construction de machines de Pantin.

La maison Archambault et C<sup>ie</sup>, construit couramment dans ses ateliers de la plaine Saint-Denis, plusieurs types spéciaux de générateurs de vapeur. Parmi ces types, nous signalerons particulièrement la chaudière multitubulaire à grand volume d'eau, système Archambault et Soucaille ; la chaudière système Galloway, bien connue ; la chaudière à foyer amovible, système Thomas et Laurens ; une série de chaudières verticales de différents modèles (type Field, type vertical tubulaire, types à bouilleurs croisés, système Bréval et à bouilleurs croisés avec retour de flammes extérieur, système Griffon) ; les chaudières à bouilleurs et les chaudières tubulaires ordinaires ; la chaudière à foyer intérieur et à tubes Galloway ; enfin un système particulier de générateur multitubulaire à grand volume d'eau et petits éléments.

Nous allons passer rapidement en revue ces divers systèmes de générateurs.

### I. — GÉNÉRATEUR MULTITUBULAIRE, SYSTÈME ARCHAMBAULT ET SOUCAILLE

La construction du générateur multitubulaire Archambault et Soucaille, comprend deux types différents : le premier à grand volume d'eau, le deuxième à petit volume.

Le premier de ces deux appareils représenté, figure 1, est constitué par les organes suivants :

1° Un faisceau tubulaire incliné de l'avant à l'arrière de la chaudière composé d'un nombre variable d'éléments ou séries verticales de tubes.

Chaque élément de tube comprend deux collecteurs, l'un à l'avant, l'autre à l'arrière, et neuf tubes de même longueur et de même diamètre dont les extré-

GÉNÉRATEUR MULTITUBULAIRE, SYSTÈME ARCHAMBAULT ET SOUCAILLE

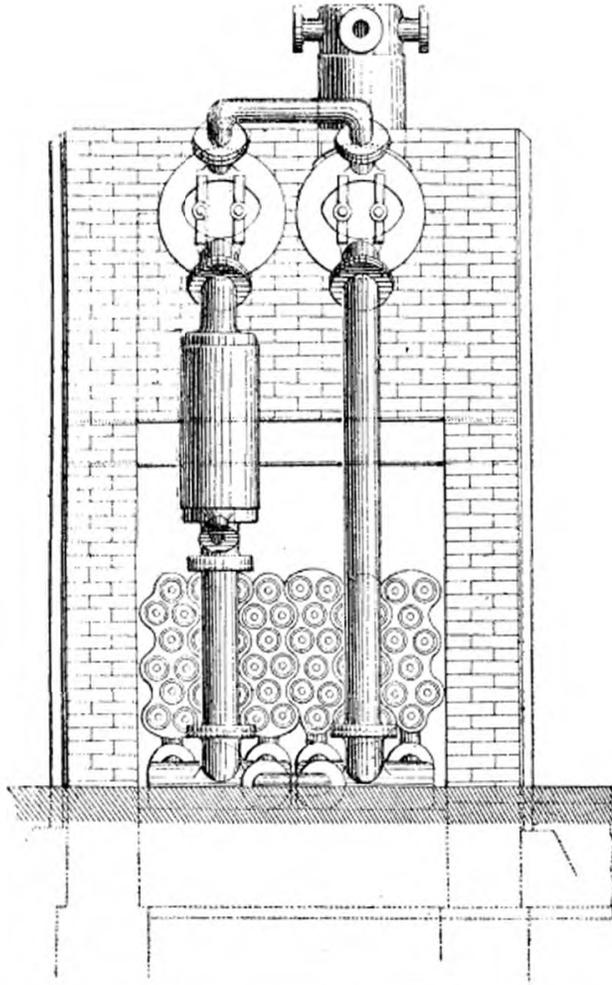


FIG. 1. — VUE ARRIÈRE

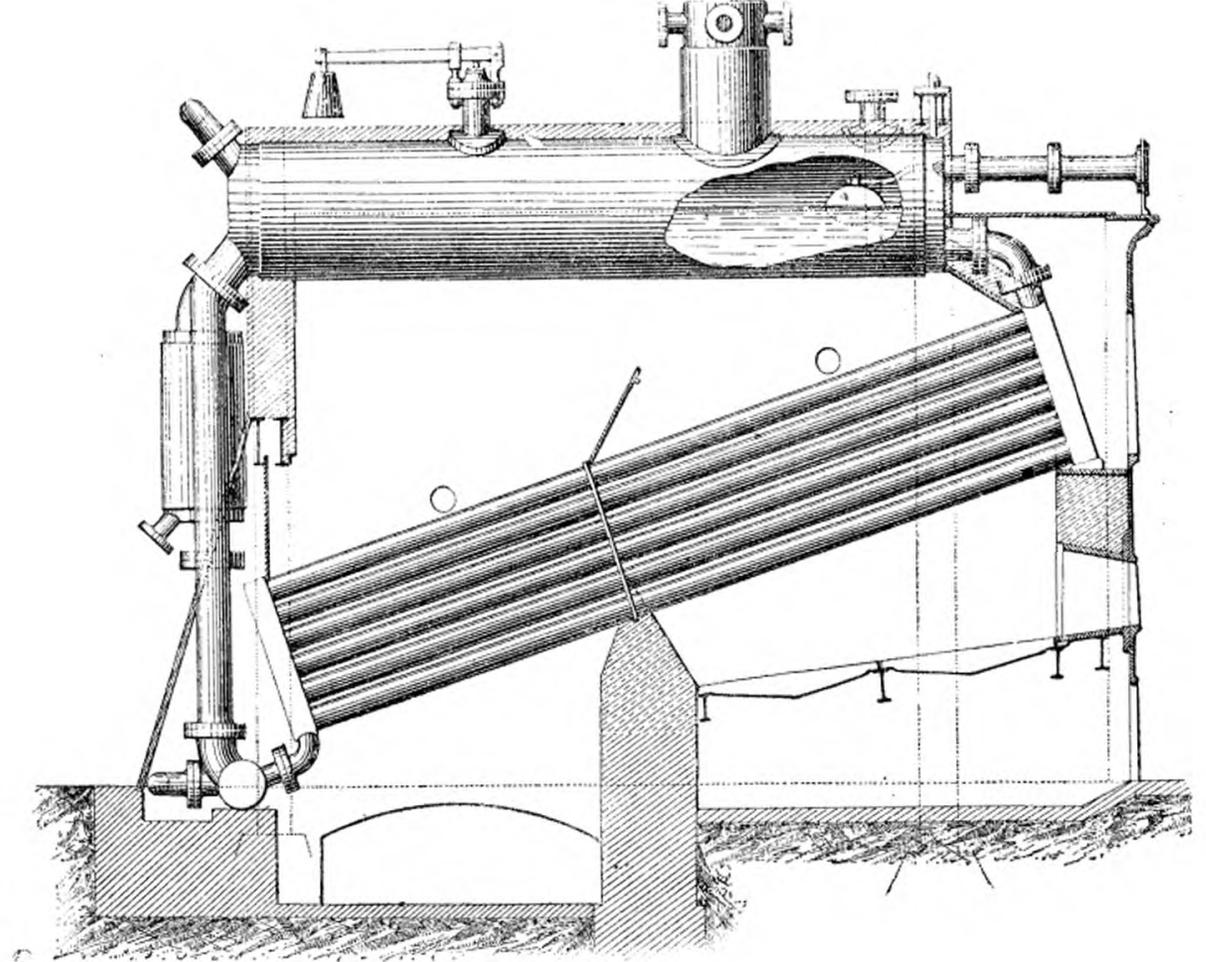


FIG. 2. — COUPE LONGITUDINALE

mités sont expansées dans les parois de ces collecteurs. Les neuf tubes de chaque élément sont disposés de telle sorte que le groupement de plusieurs de ces éléments amène une disposition générale en quinconce du faisceau tubulaire. La vue d'arrière de la chaudière indique la nature de cette disposition.

2° Un réservoir d'eau et de vapeur à la partie antérieure duquel viennent déboucher les communications des collecteurs des divers éléments. Ce réservoir est rempli d'eau en marche normale jusqu'à son plan diamétral. Il porte le dôme de prise de vapeur et tous les appareils de sûreté.

Dans la plupart des cas, la réserve d'eau et de vapeur est conservée non dans un récipient tel que celui que nous mentionnons, mais bien dans deux ou trois réservoirs distincts du même volume total. Ce dispositif augmente la résistance du système et par suite la sécurité présentée par l'appareil.

Les réservoirs supérieurs d'eau et de vapeur sont mis en communication à la partie postérieure, au moyen de tubulures de grands diamètres, avec la capacité qui réunit à la partie basse de la chaudière tous les collecteurs d'arrière des différents éléments.

Le circuit de circulation est ainsi fermé, comme nous l'avons vu dans divers autres systèmes de générateurs. Le phénomène de la circulation intérieure savoir : le courant ascendant d'eau et de vapeur et le courant descendant d'eau d'alimentation, s'explique de la même façon.

L'eau venant de la pompe alimentaire est projetée dans l'atmosphère de vapeur du réservoir d'eau et de vapeur où la rapide élévation de température rend les sels calcaires insolubles. Ceux-ci entraînés dans la circulation générale, viennent aboutir à la bouteille de purge disposée sur une des colonnes descendantes d'arrière et dans le collecteur horizontal de dépôts placé au bas et à la partie postérieure du faisceau tubulaire.

Des purges peuvent être faites à intervalles quelconques dans ces deux parties de la chaudière. L'écoulement violent entraîne les résidus de la décantation, les boues et les impuretés de toutes sortes contenues dans l'eau.

Les deux réservoirs supérieurs d'eau et de vapeur sont reliés à l'arrière au moyen d'une tubulure en fer à large section qui établit entre eux un équilibre de pression constant. Ils sont munis de tous les accessoires nécessaires à la marche normale et de tous les appareils de contrôle et d'indication exigés par les règlements ; leur construction est très soignée.

Les joints des tôles sont faits par des lignes de rivets qui sont entièrement soustraites à l'action des gaz de la combustion. L'accès intérieur des réservoirs d'eau et de vapeur est facilité par la présence de trous d'hommes à bords dressés, bouchés en temps ordinaire par des plateaux à fermeture autoclave.

Le faisceau tubulaire est divisé dans sa longueur en deux parties au moyen d'une cloison métallique formant chicane et allongeant par sa présence le chemin

que doivent parcourir les gaz du foyer. La chicane est prolongée au-dessus du faisceau par une lame inclinée qui remonte le jet de flammes jusqu'au bas des réservoirs supérieurs. Cette précaution est toujours utile à prendre. A son défaut, les gaz de la combustion, appelés par le tirage, descendent rapidement dans la partie postérieure du faisceau tubulaire en abandonnant une grande quantité de produits acides qui viennent se condenser à la surface des tôles des réservoirs et y occasionnent des corrosions.

La chaudière peut être montée entièrement avant la construction des maçonneries d'enveloppe. Elle comporte à l'avant une devanture en fonte dont une partie sert de point d'appui au faisceau tubulaire. A l'arrière, le collecteur de dépôts auquel sont reliés les collecteurs des éléments, repose sur un bloc de fondation.

En face de chaque tube dans la paroi extérieure des collecteurs d'avant et d'arrière sont pratiquées des ouvertures fermées en marche par des bouchons de nettoyage. Ces ouvertures servent d'abord à l'introduction et à la fixation des tubes de l'élément. Elles servent ensuite à faciliter la visite et l'entretien intérieurs de ces organes.

La chaudière Archambault et Soucaille est complétée par les accessoires ordinaires de tous les générateurs de types semblables. Nous n'en ferons pas de nouvelle mention.

Il est construit du générateur que nous venons de décrire vingt grandeurs différentes dont six pour des appareils à un seul réservoir supérieur, six pour deux réservoirs et huit pour trois réservoirs.

Les éléments principaux de ces vingt types spéciaux sont renfermés dans le tableau ci-après :

## GÉNÉRATEURS MULTITUBULAIRES

Système Archambault et C<sup>ie</sup>.

REVUE TECHNIQUE. — SIXIÈME PARTIE.

Désignation des Caractéristiques	Un réservoir						Deux réservoirs						Trois réservoirs							
	20	25	30	35	40	50	40	50	60	70	80	100	60	70	80	90	100	110	120	150
Surfaces de chauffe, en mètres carrés.....	20	25	30	35	40	50	40	50	60	70	80	100	60	70	80	90	100	110	120	150
Surfaces des grilles, en mètres carrés.....	0.70	0.84	1.02	1.10	1.20	1.40	1.20	1.44	1.74	2.08	2.28	2.70	1.70	1.96	2.21	2.47	2.72	2.98	3.23	3.96
Largeurs des grilles, en mètres.....	0.70	0.70	0.70	0.64	0.64	0.70	1.20	1.20	1.20	1.20	1.25	1.35	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.90
Longueurs des grilles, en mètres.....	1.00	1.29	1.45	1.70	1.85	2.00	1.00	1.20	1.45	1.70	1.82	2.00	1.00	1.15	1.30	1.45	1.60	1.75	1.90	2.10
Nombres de tubes . . .	27	27	27	27	27	27	54	54	54	54	54	54	81	81	81	81	81	81	81	81
Longueurs des tubes, en mètres.....	2.15	2.65	3.20	3.70	4.30	5.40	2.15	2.65	3.20	3.70	4.30	5.40	2.15	2.50	2.85	3.20	3.55	3.90	4.30	5.40
Diamètres des tubes, en mètres.....	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Largeurs des emplace- ments, en mètres.....	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70
Longueurs des emplace- ments, en mètres.....	3.10	3.60	4.10	4.60	5.20	6.30	3.10	3.60	4.10	4.60	5.20	6.30	3.10	3.45	3.75	4.10	4.45	4.80	5.20	6.30
Hauteurs des généra- teurs.....	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	13.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50
Volumes de la maçon- nerie, en mètres cubes	8.300	9.500	10.750	13.200	13.200	16.000	10.300	11.500	12.750	14.000	15.200	18.000	12.300	13.100	13.900	14.750	15.400	17.400	17.200	21.00
Poids des générateurs complets, en kilogs..	3.000	3.250	3.480	3.660	3.850	4.250	5.500	5.900	6.300	6.680	7.000	7.800	8.000	8.400	8.800	9.200	9.680	10.240	10.800	12.500

18

GÉNÉRATEURS DE VAPEUR, SYSTÈME ARCHAMBAULT ET C<sup>ie</sup>

265

GÉNÉRATEUR MULTITUBULAIRE, SYSTÈME ARCHAMBAULT ET SOUCAILLE

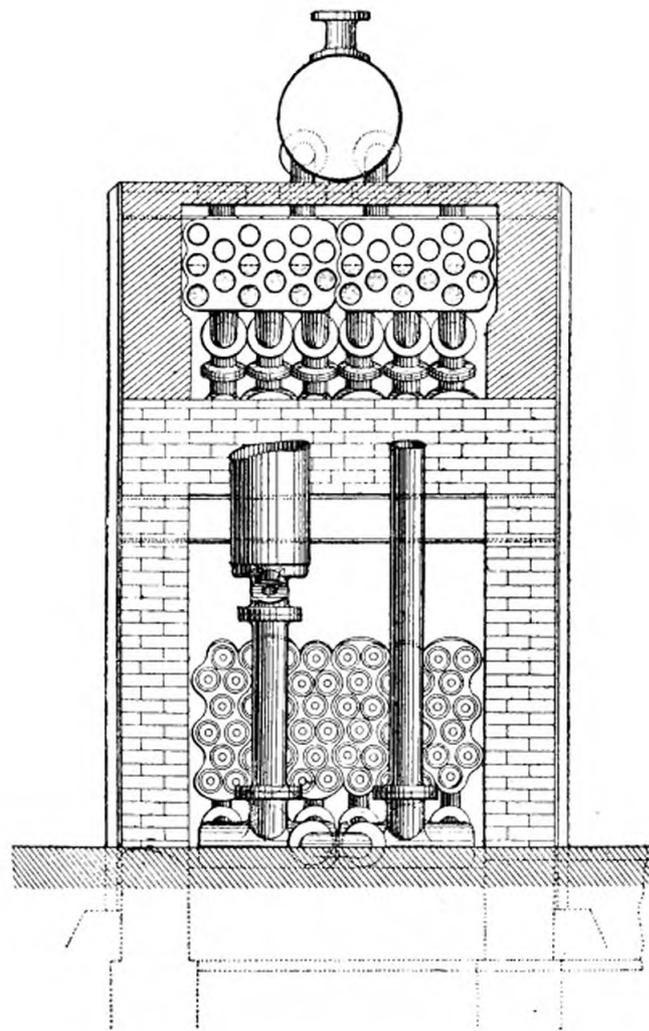


FIG. 3. — VUE ARRIÈRE ET COUPE SUIVANT *ab*

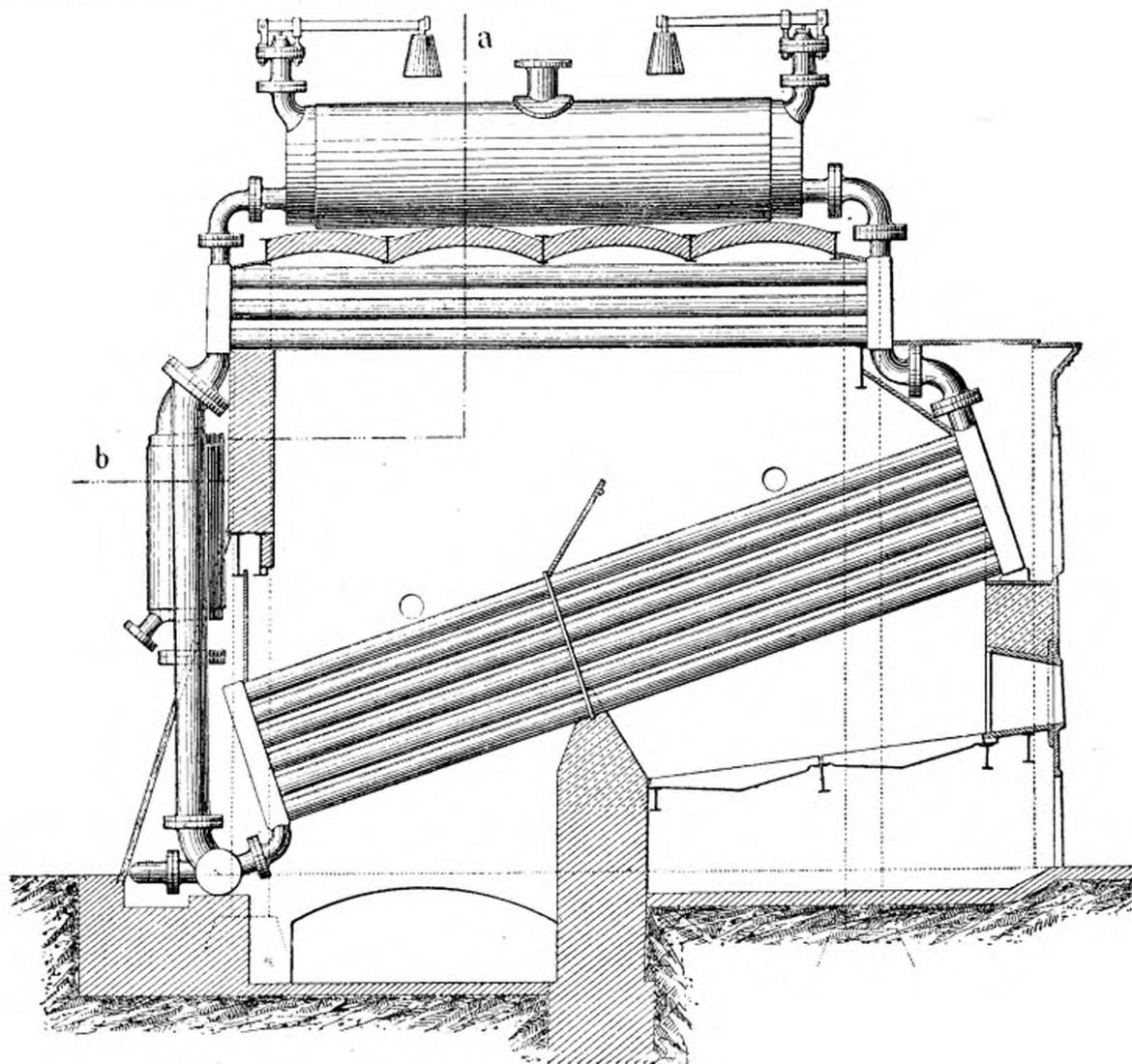


FIG. 4. — COUPE LONGITUDINALE

Le deuxième modèle de la chaudière multitubulaire, système Archambault et Soucaille, diffère de celle que nous venons d'examiner, en deux points seulement :

1° Les réservoirs d'eau et de vapeur disposés à la partie supérieure de la chaudière sont remplacés par un faisceau de tubes absolument horizontaux reliés à l'avant et à l'arrière par des boîtes en fer. Une partie seulement des tubes de ce faisceau contient de l'eau ; le reste ne contient que de la vapeur légèrement surchauffée par les gaz de la combustion.

Ce faisceau horizontal de tubes est divisé en un certain nombre de faisceaux distincts correspondant aux réservoirs en nombre variable de la chaudière du type précédemment décrit. Chacun de ces faisceaux partiels communique à l'avant avec les collecteurs de plusieurs éléments vaporisateurs et à l'arrière avec le collecteur de dépôts correspondant à ces mêmes éléments. En un mot la différence avec le premier type réside entièrement dans le remplacement d'un réservoir par un petit faisceau de tubes. Les communications entre les divers organes de la chaudière ne subissent aucune modification.

2° Un réservoir cylindrique en tôle est disposé au dessus de la chaudière et dans l'axe longitudinal de cette chaudière. Ce réservoir est en communication permanente avec les boîtes en fer forgé qui terminent les faisceaux tubulaires horizontaux, c'est-à-dire qu'il ne contient jamais que de la vapeur.

La figure 2 représente le générateur que nous signalons. On voit qu'il s'agit d'un appareil destiné surtout aux installations dans lesquelles on exige une production rapide de vapeur. Il ne présente pas, à vrai dire, les garanties de stabilité de pression et de régularité de marche offertes par le premier type, mais la sécurité obtenue par la constitution de ses divers organes ne laisse rien à désirer.

La maison Archambault et C<sup>ie</sup>, construit quatorze grandeurs de ce modèle de générateur multitubulaire. Les surfaces de chauffe de ces quatorze grandeurs varient de 20 à 150 mètres carrés ; le nombre des éléments vaporisateurs est de 3, 6 ou 9 ; les tubes employés sont de 60 ou 100 millimètres de diamètre. Le détail de ces conditions générales est donné ci-après :

Type à 3 éléments vaporisateurs, (tubes de 60 m/m)	}	20 mètres carrés
		25 »
		30 »
Type à 6 éléments vaporisateurs, (tubes de 60 m/m)	}	40 »
		50 »
		60 »
		70 »
Type à 6 éléments vaporisateurs, (tubes de 100 m/m)	}	80 »
		90 »
		100 »

Type à 9 éléments vaporisateurs, (tubes de 100 m/m)	}	100 mètres carrés
		110 »
		120 »
		150 »

Les générateurs multitubulaires construits par la maison Archambault et C<sup>ie</sup> ont reçu à ce jour un nombre assez considérable d'applications. Ils sont d'une fabrication soignée et offrent un rendement très satisfaisant. Il en est installé dans des maisons d'habitation pour la lumière électrique ou le chauffage, des modèles de 60 chevaux qui ne sont cependant classés qu'en troisième catégorie.

## II. CHAUDIÈRE GALLOWAY

Ce type de chaudière, bien connu aujourd'hui, n'a besoin ici que d'une description succincte. On sait quelles sont les dispositions principales de la chau-

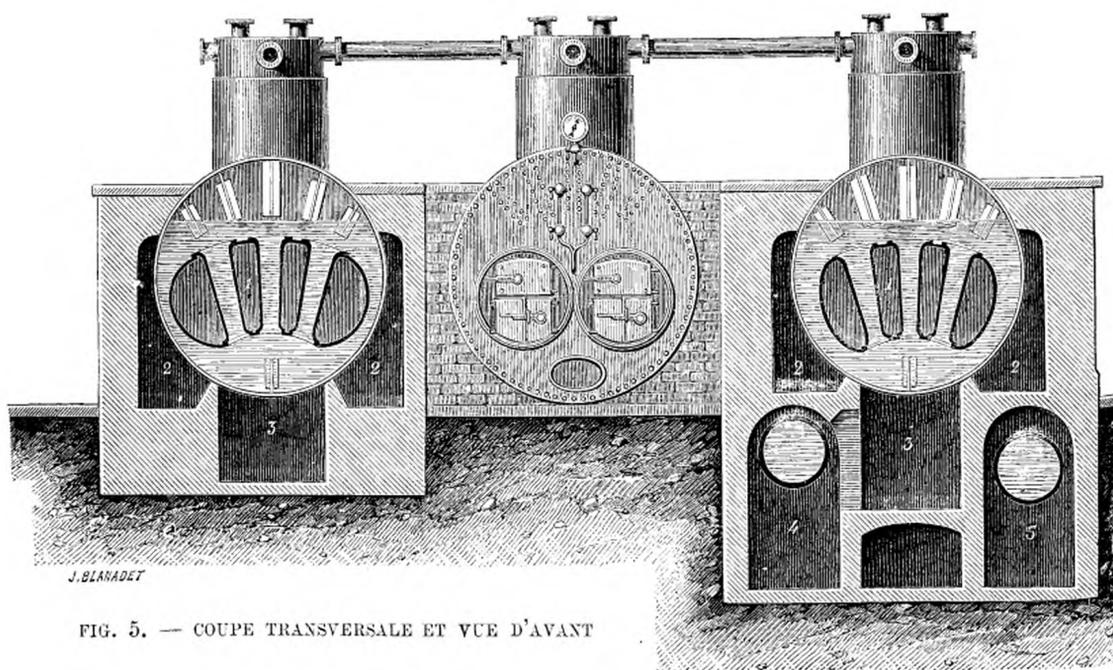


FIG. 5. — COUPE TRANSVERSALE ET VUE D'AVANT

dière Galloway : un vaste corps cylindrique surmonté d'un dôme de prise de vapeur ; un foyer intérieur de forme ovale traversé dans sa hauteur par une série de tubes coniques dont le grand diamètre est à la partie supérieure ; enfin

suivant les cas, un ou deux réchauffeurs d'eau absorbant le calorique restant aux gaz de la combustion après la traversée du faisceau tubulaire.

Dans la chaudière Galloway, les gaz, au sortir du foyer, se rassemblent donc dans une vaste chambre de combustion, où ils se brisent sur les tubes coniques en chicanes. C'est dans cette chambre, nommée chambre ovale, que le mélange des gaz s'opère intimement, et que leur combustion s'achève. Les produits de la combustion, complètement éteints, sont conduits aux réchauffeurs ou évacués à la cheminée.

L'eau renfermée dans la chaudière subit, par le fait de la présence des tubes coniques, une circulation active qui s'oppose aux dépôts adhérents. Dans ces tubes, fortement chauffés, il se produit en effet un courant ascendant de vapeur et d'eau qui engendre un déplacement continu de la masse liquide qui les entoure. L'eau sortant des tubes, fait retour sur les côtés de la chaudière, où elle est chauffée par les gaz des carneaux, et ensuite au bas de cette chaudière, où elle est de nouveau soumise à la vaporisation.

La chaudière Galloway, tout en étant la réalisation de plusieurs principes capitaux du problème de la génération de la vapeur, n'en est pas moins conçue en considération de questions d'un ordre éminemment pratique.

Elle se prête en effet absolument aux nettoyages de ses diverses parties. Les capacités dont elle est formée sont d'un accès facile, et, pour la plupart, sont complètement démontables. Les tubes s'enlèvent commodément et peuvent être remplacés en cas d'accident.

Les boues formées par la précipitation des calcaires, se déposent à la partie inférieure du corps cylindrique; ces boues, ne recevant qu'une quantité de calorique très restreinte, puisque c'est un carneau de retour qui les chauffe, ne se durcissent pas et ne deviennent jamais adhérentes. Une vidange, de temps à autre, suffit à les expulser.

La chaudière Galloway présente cet avantage de pouvoir être mise rapidement en pression quand on a laissé tomber les feux. Ce point important s'explique aisément, quand on considère la place du foyer près du niveau de l'eau. Les gaz de la combustion n'ont ainsi qu'une faible masse liquide à vaporiser au-dessus d'eux, le bas de la chaudière restant à une température très inférieure. Malgré cette puissance de vaporisation, le niveau de l'eau varie peu, vu le grand diamètre et la grande longueur du corps cylindrique, et par suite la réserve considérable d'eau et de vapeur qui existe.

Enfin, la chaudière Galloway possède l'avantage inhérent à toutes les chaudières à foyer intérieur, qui est de réduire au minimum les pertes de calorique par rayonnement.

Le chauffage est, dans la chaudière Galloway, progressif et méthodique. La marche des flammes se fait en sens inverse de celle de l'eau d'alimentation. Les boues entraînées par la circulation générale à l'intérieur des diverses parties de

l'appareil arrivent ainsi nécessairement au point le moins chaud. Les tôles, au contraire, qui reçoivent le rayonnement direct des flammes, restent toujours nettes de tous dépôts adhérents, et ne risquent pas, par suite de rougir et de subir des déformations.

La chaudière Galloway est construite par la maison Archambault et C<sup>ie</sup>, qui est une des concessionnaires du brevet français. Elle est installée sans réchauffeur d'eau, ou bien avec un ou deux de ces accessoires.

La maison Archambault et C<sup>ie</sup> construit seize grandeurs différentes de la chaudière Galloway, dont six sans réchauffeur, deux avec un seul réchauffeur et huit avec deux de ces appareils.

Les caractéristiques importantes de ces seize grandeurs, dont les surfaces de chauffe varient de 12 à 150 mètres carrés, sont contenues dans le tableau suivant :

CHAUDIÈRES GALLOWAY, CONSTRUITES PAR LA MAISON ARCHAMBAULT ET C<sup>ie</sup>

DÉSIGNATION DES CARACTÉRISTIQUES	SANS RÉCHAUFFEUR						AVEC UN RÉCHAUFFEUR		AVEC DEUX RÉCHAUFFEURS							
	12	15	20	25	30	40	50	60	60	70	80	90	100	110	120	150
Surfaces de chauffe. en mètres carrés																
Surfaces des grilles. en mètres carrés.	0.55	0.65	0.80	0.98	1.12	1.32	1.65	1.80	1.80	2.10	2.40	2.75	2.75	2.90	3.10	3.76
Longueurs des grilles. en mètres	0.55	0.65	0.80	0.75	0.85	1.00	1.10	1.20	1.20	1.40	1.40	1.60	1.60	1.70	1.80	2.00
Diamètres extérieurs des foyers ; longueurs des tubes Galloway . en mètres	0.50	0.50	0.50	0.66	0.66	0.66	0.75	0.75	0.75	0.75	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.94
Longueurs des foyers. en mètres.	0.90	1.10	1.40	1.60	1.60	1.60	2.00	2.20	2.00	2.30	2.30	2.30	2.30	2.50	2.80	3.00
Diamètres des chau- dières . . . . . en mètres.	1.30	1.40	1.40	1.70	1.70	1.70	1.90	1.90	1.90	1.90	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.30
Longueurs des chau- dières . . . . . en mètres.	2.30	2.60	3.40	3.40	3.80	5.00	4.60	5.50	4.60	5.50	5.40	6.20	7.00	7.70	8.30	9.00
Nombres de tubes Gal- loway . . . . .	5	5	6	8	10	15	13	15	13	15	15	20	23	25	28	30
Diamètres des réchauf- feurs . . . . . en mètres.	»	»	»	»	»	»	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.70
Longueurs des réchauf- feurs . . . . . en mètres.	»	»	»	»	»	»	5.60	6.50	5.60	6.50	6.50	7.50	8.10	8.80	9.40	10.20

Les chaudières du type Galloway, construites par la maison Archambault et C<sup>ie</sup>, sont l'objet des plus grands soins. Elles sont entièrement constituées par des tôles de qualité des forges de Montataire et du Creusot.

Les applications faites en France, par la maison Archambault et C<sup>ie</sup>, de la chaudière Galloway, sont extrêmement nombreuses. Nous signalerons au hasard, parmi les plus importantes :

L'installation de dix générateurs, d'une surface de chauffe totale de 1,365 mètres carrés, chez MM. Gillet et fils, teinturiers à Lyon ; celle de quatre générateurs, d'une surface totale de 440 mètres carrés, à la Société des Forges et Aciéries de Firminy ; celles de 110 mètres carrés, chez M. Arbel, à Rive-de-Gier ; de 290 mètres carrés, à la Compagnie des Forges et Aciéries de Saint-Étienne ; de 300 mètres carrés, à la Compagnie générale de Distilleries et Malteries de Châlons-sur-Marne, etc., etc.

### III. — CHAUDIÈRES INDUSTRIELLES DIVERSES.

Nous ne ferons qu'examiner rapidement les divers systèmes de chaudières industrielles construits couramment par la maison Archambault et C<sup>ie</sup>. Ces chaudières sont particulièrement les suivantes :

1° *La chaudière à foyer amovible, système Thomas et Laurens.* L'avantage de ce type réside surtout dans la possibilité d'effectuer commodément et complètement le nettoyage extérieur des tubes dans lesquels se fait le retour des gaz de la combustion. Nous avons mentionné cette particularité à propos des chaudières construites par la Société centrale de Construction de Machines, à Pantin.

La maison Archambault et C<sup>ie</sup> construit onze grandeurs de la chaudière Thomas et Laurens pour des productions horaires de 70 à 1,000 kilogrammes de vapeur. Les surfaces de chauffe de ces appareils varient de 5 mètres carrés à 71 mètres carrés ; la longueur de la grille, de 0<sup>m</sup>50 à 1<sup>m</sup>,80 ; enfin, le nombre des tubes, de 10 à 42.

2° *La chaudière Field.* — La construction de ce type de chaudière comprend seize modèles de grandeurs différentes pour des puissances de vaporisation de 20 à 750 kilogrammes à l'heure. Les surfaces de chauffe varient de 1<sup>m</sup>², 60 à 60<sup>m</sup>², le nombre des tubes pendentifs de 12 à 180 ; leur longueur, de 0<sup>m</sup>,360 à 1<sup>m</sup>,300 ; enfin les poids totaux des appareils, de 380 à 8,500 kilogrammes.

3° *La chaudière verticale tubulaire (type anglais).* — Cette chaudière est d'une construction simple. Comme l'indique la figure ci-contre elle est formée d'une enveloppe cylindrique terminée à la partie supérieure par une plaque tubulaire, et d'un foyer vertical intérieur dont le ciel est une plaque percée de trous pour le passage des tubes du faisceau.

L'eau est chauffée d'abord dans l'espace annulaire compris entre le foyer et l'enveloppe extérieure, puis au contact des tubes traversé par les gaz du foyer. La vapeur dégagée est séchée et légèrement surchauffée par la partie supérieure

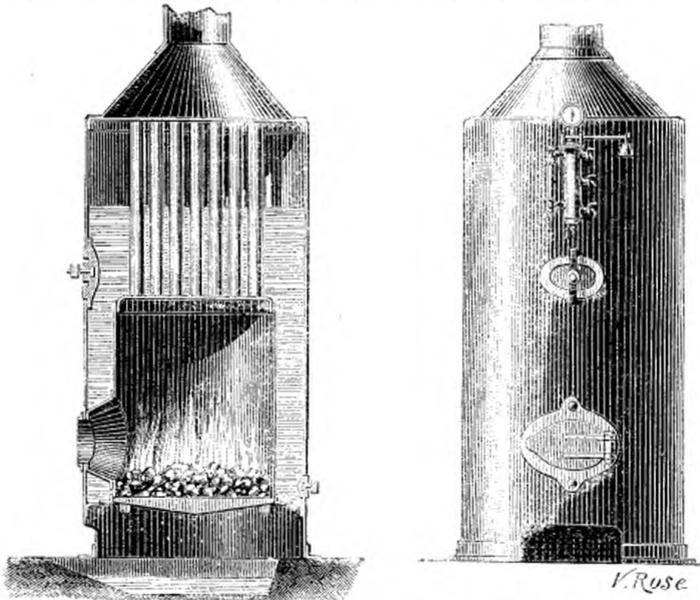


FIG. 6. — CHAUDIÈRE VERTICALE TUBULAIRE

de ces mêmes tubes. Les gaz de la combustion se rendent à la sortie du faisceau tubulaire dans une chambre de forme conique au dessus de laquelle est disposée la cheminée. La boîte à fumée est démontable pour faciliter le ramonage des tubes et le remplacement de l'un d'eux en cas d'avarie.

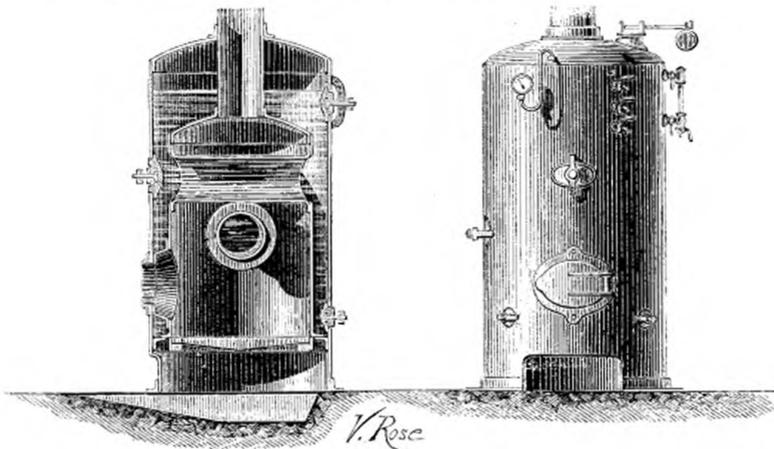


FIG. 7. — CHAUDIÈRE A BOUILLEURS CROISÉS

4° La chaudière verticale à foyer intérieur et à bouilleurs croisés (type

*Bréval*). — Cet appareil comprend une enveloppe extérieure cylindrique et un foyer vertical intérieur traversé suivant deux diamètres perpendiculaires par deux bouilleurs de large section. Le foyer se termine à la partie supérieure par un fond bombé à bords emboutis, au centre duquel est fixé la cheminée; celle-ci traverse la chambre d'eau et de vapeur de l'appareil et sort à travers le ciel de l'enveloppe principale auquel elle est fixée par une cornière circulaire rivée et matée.

En face de l'extrémité de chacun des deux bouilleurs et dans l'enveloppe cylindrique extérieure se trouve ménagée une ouverture maintenue fermée en marche normale par un bouchon autoclave.

5° *La chaudière à bouilleurs croisés avec retour de flammes extérieur (type Griffon)*. — Dans ce modèle spécial, le foyer intérieur, au lieu de renfermer deux bouilleurs cylindriques perpendiculaires, est traversé par trois bouilleurs de même forme disposés à 60 degrés l'un sur l'autre.

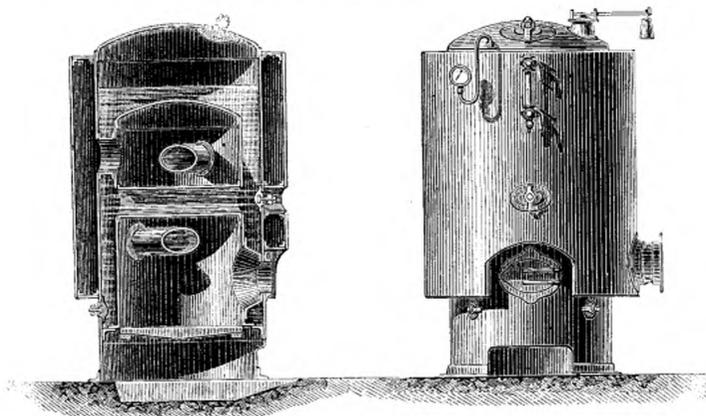


FIG. 8. — CHAUDIÈRE A BOUILLEURS CROISÉS

En outre, les gaz de la combustion au lieu de sortir par une cheminée centrale s'échappent par un orifice latéral qui les conduit dans une enveloppe cylindrique extérieure. Cette enveloppe forme avec le corps principal de la chaudière, un espace annulaire dans lequel les gaz du foyer circulent avant de se rendre à la cheminée.

Le fond supérieur du corps de la chaudière porte un trou de nettoyage fermé par un bouchon autoclave.

6° *La chaudière à bouilleurs ordinaire.*

7° *La chaudière semi-tubulaire à deux bouilleurs et retour de flammes dans les tubes du corps cylindrique.*

8° *La chaudière tubulaire ordinaire (type industriel fixe et type applicable aux locomobiles).*

9° *La chaudière à foyer intérieur et à tubes Galloway.*— Ce type de générateur, spécialement construit par la maison Archambault et C<sup>ie</sup>, comprend une enveloppe principale et un foyer intérieur traversé par une série de tubes coniques

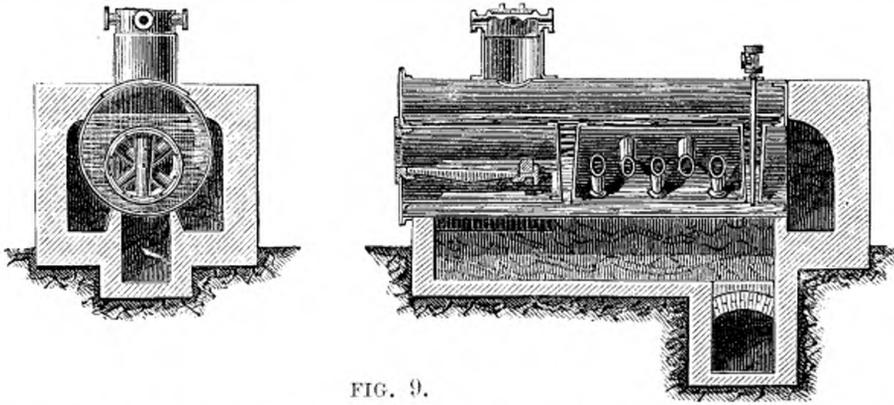


FIG. 9.

disposés les uns verticalement, les autres inclinés à 60 degrés à droite et à gauche des premiers. Le foyer intérieur est de forme absolument cylindrique. Il com-

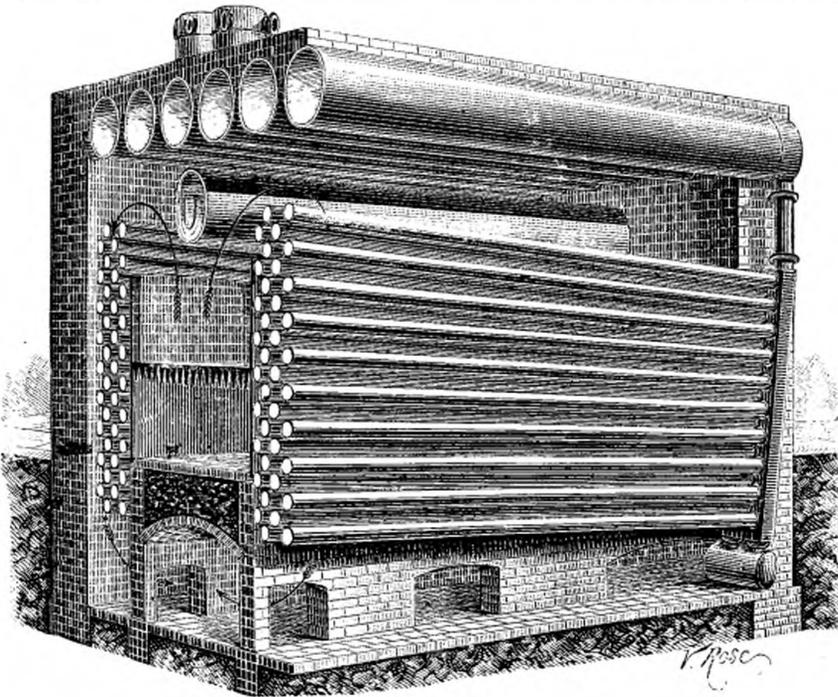


FIG. 10

prend, à l'avant, la chambre à feu proprement dite, avec grille et accessoires ; puis dans toute la longueur non occupée par cette chambre à feu, un nombre variable des tubes que nous avons signalés et dans lesquels s'effectue la circu-

lation de la masse liquide. La figure ci-contre indique les dispositions principales de la chaudière à foyer intérieur et à tubes Galloway.

10° Nous signalerons, enfin, un système particulier de générateur multitubulaire, construit par la maison Archambault et C<sup>ie</sup>. — Ce type spécial est surtout destiné à la production de la vapeur à haute pression. Il ne comporte en effet que des organes présentant une grande résistance ; ce sont pour la plupart des tubes ou réservoirs de très petits diamètres.

Le générateur représenté en section transversale perspective, par la figure ci-dessus est composé de deux séries latérales de petits tubes aboutissant à l'avant et à l'arrière à des collecteurs spéciaux. Les collecteurs d'avant dégagent la vapeur formée dans les tubes dans six réservoirs cylindriques de petits diamètres placés sous la voûte de la construction. Ces réservoirs communiquent à l'arrière avec les collecteurs correspondants et par suite avec les deux déjecteurs ou collecteurs de dépôt situés au bas et à l'arrière des faisceaux tubulaires.

Le foyer est placé dans l'axe de la chaudière. Il est traversé dans sa longueur par un bouilleur relié au circuit général de l'appareil. Les mouvements de la vapeur et de l'eau, dans les divers éléments de ce générateur, ont lieu de la même manière que dans les systèmes déjà décrits. La différence avec ces systèmes réside seulement dans le remplacement des capacités de grandes dimensions par des réservoirs de petits diamètres et par suite dans l'obtention d'une plus grande surface d'évaporation et de dégagement.

---

## CHAUDIÈRE SYSTÈME DAMEY

---

La chaudière brevetée du système Damey figurait à l'Exposition universelle à l'état inerte, dans la classe 52.

Cette chaudière est à foyer intérieur avec corps tubulaire dans le prolongement du foyer. Elle est à retour de flammes souvent double et triple et présente une série de dispositions intéressantes que nous allons examiner.

La chaudière Damey se compose essentiellement d'une enveloppe extérieure en tôle rivée. Dans le fond antérieur de la capacité formée par cette première enveloppe est prise l'ouverture nécessaire au passage de l'enveloppe cylindrique du foyer.

À la partie postérieure et correspondant à cette ouverture s'en trouve une deuxième pour la porte de la boîte à fumée.

Le foyer est de forme cylindrique. Il est construit également en tôle de fer rivée avec tous les soins désirables. Ce foyer occupe environ la moitié de la longueur du corps cylindrique de la chaudière. Il est terminé par une plaque tubulaire. Le faisceau des tubes se termine par une deuxième plaque semblable, à l'arrière. La capacité restant entre cette deuxième plaque et la porte prise dans le fond postérieur de la chaudière sert de boîte à fumée.

Dans l'enveloppe extérieure de la chaudière et au bas de la boîte à fumée se trouvent deux ouvertures carrées par lesquelles les gaz de la combustion s'échappent après leur passage dans le faisceau tubulaire. Ces gaz se rendent alors dans un premier carneau en briques qui longe la chaudière entièrement, puis, à la hauteur du foyer, une cloison en briques les oblige à faire retour dans un deuxième carneau également en briques dans lequel le calorique qui leur reste leur est enlevé d'une façon nouvelle que nous décrirons.

La chaudière Damey porte à la suite du deuxième carneau en briques une cheminée métallique où les gaz du foyer sont abandonnés.

Le corps cylindrique extérieur porte un dôme spacieux pour la réserve de la vapeur produite. Sur ce dôme sont montés les appareils de sûreté ainsi que les tubulures et les valves de prise de vapeur.

La chaudière Damey est toujours montée avec un fourneau entièrement en briques, à l'exclusion de toute enveloppe métallique, de quelque importance qu'elle soit. Il est en effet reconnu que non seulement une construction en briques revient meilleur marché mais encore qu'elle est préférable au point de vue de la concentration du calorique. Ajoutons que ces raisons ont été adoptées par

M. Damey dans la considération que sa chaudière était surtout destinée à figurer

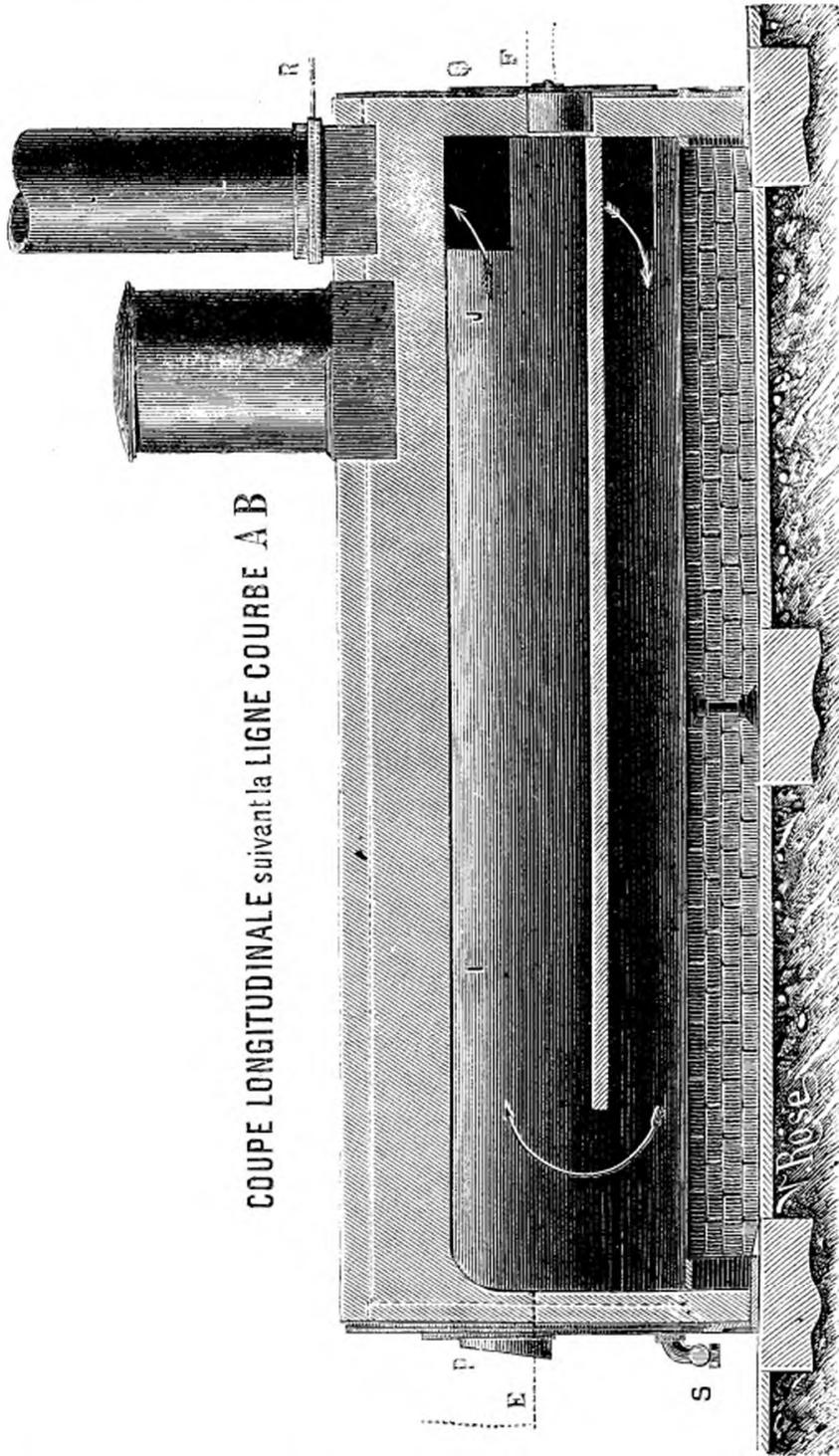


FIG. 1. --- CHAUDIÈRE SYSTEME DAMEY

dans les installations fixes où d'ordinaire on a la place suffisante pour la construction d'une maçonnerie.

Les cinq figures qui sont insérées dans le texte représentent quatre coupes de la chaudière et la vue en élévation du bout de la boîte à fumée. Elle sont à l'échelle de 30 millimètres par mètre et se rapportent à une chaudière couramment construite par M. Damey, dans ses établissements de Dôle (Jura).

Cette chaudière est de la seconde catégorie, elle a une surface de chauffe totale de 60 mètres carrés, y compris la surface indirecte, c'est-à-dire celle des enveloppes en contact avec les gaz dans les carnaux et celle des réchauffeurs d'eau qui font l'objet du dernier brevet de M. Damey.

Ces coupes montrent les dispositions que nous avons signalées pour les carnaux en briques.

La figure 1 représente la chaudière coupée suivant la surface courbe AB indiquée dans la figure 4. On remarque dans cette première figure les ouvertures carrées qui donnent accès aux gaz, de la boîte à fumée aux premiers carnaux, puis la cloison en briques entre les carnaux inférieurs et les carnaux supérieurs qui force les gaz à faire retour en suivant le sens JJ indiqué par les flèches pour se rendre à la cheminée.

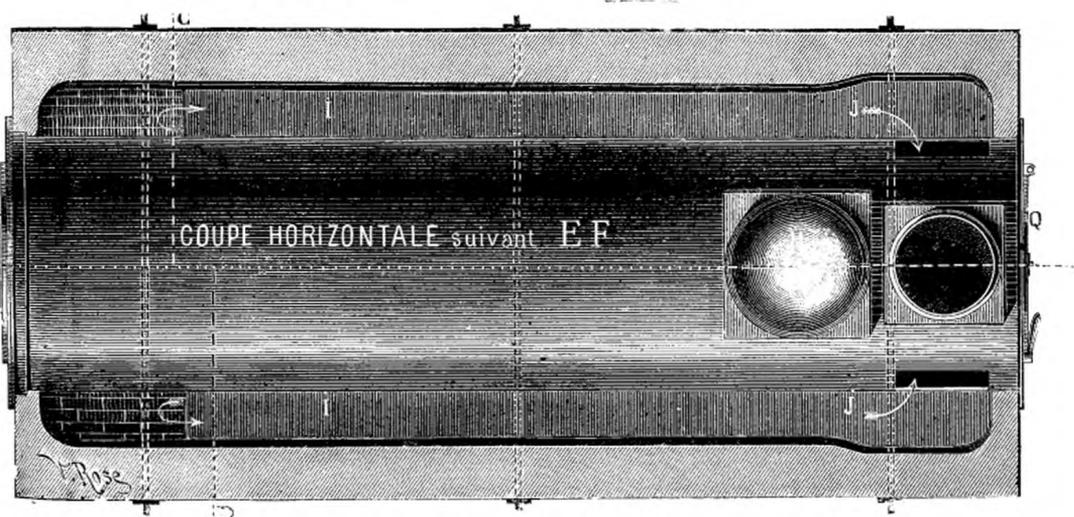


FIG. 2. — COUPE HORIZONTALE

La figure 2 est la coupe horizontale EF du fourneau en maçonnerie, la chaudière elle-même restant représentée en plan. On voit ici d'abord le sens de la marche des gaz de la combustion puis les deux ouvertures carrées qui laissent aux gaz le passage, des carnaux supérieurs à la culotte de la cheminée. Cette figure indique également que la masse du fourneau est maintenue au moyen de forts fers T du commerce qui empêchent tout mouvement anormal de la construction par suite d'une chaleur excessive.

Les figures 3 et 4 sont deux coupes transversales, suivant la ligne brisée CD indiquée figure 2. Ces deux vues montrent la disposition relative de l'enveloppe extérieure cylindrique et du foyer intérieur. Elles indiquent la forme de la construction maçonnée et les sections des carneaux.

COUPE TRANSVERSALE suivant la ligne brisée CD

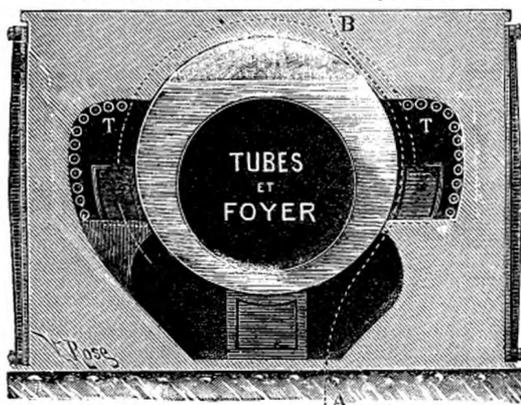


FIG. 3

Sur les parois des deux carneaux supérieurs on remarque les sections de six tubes dans la figure 3 et de vingt-deux tubes semblables dans la figure 4.

COUPE TRANSVERSALE suivant la ligne brisée CD

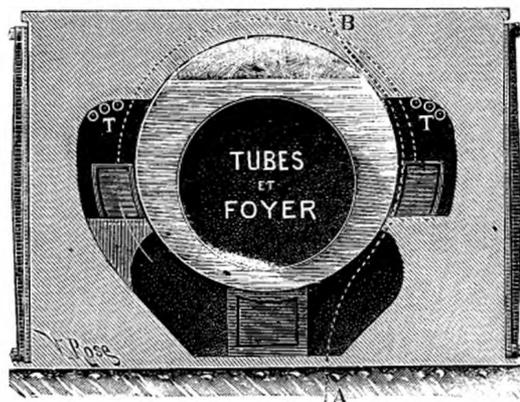


FIG. 4

Ces tubes sont, dans leur ensemble, ce que M. Damey a appelé un surchauffeur d'eau par tubes multiples successifs. Cet appareil, dont l'efficacité dans

l'économie de la production est démontrée maintenant, n'est breveté que depuis peu de temps. Avant l'apparition de ce nouveau système, M. Damey, construisait un réchauffeur d'eau qu'on faisait fonctionner en employant l'échappement de vapeur des machines. Ce réchauffeur était logé dans le bâti même des machines. Le modèle en est conservé dans la nouvelle invention de M. Damey. L'appareil en question doit donc, à vrai dire, s'appeler comme l'a appelé M. Damey, surchauffeur d'eau, par la raison simple que l'eau d'alimentation déjà échauffée par l'échappement des machines, passe avant de se rendre à la chaudière par tous les tubes disposés sur les parois des carneaux.

Le fonctionnement du surchauffeur d'eau système Damey s'explique de lui-même. On voit sans peine les avantages qu'il est possible de retirer de son application. Les expériences qui ont été faites ont mis ces avantages en relief d'une façon remarquable.

Cet appareil se construit avec un nombre de tubes plus ou moins grand. M. Damey a fait l'application de surchauffeurs d'eau de 46 tubes successifs.

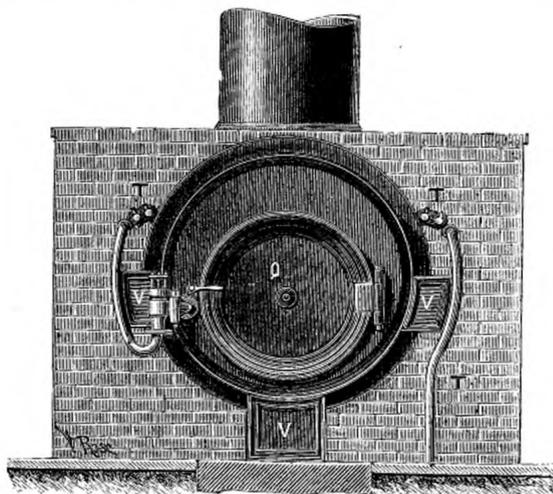


FIG. 5

L'eau froide puisée à la bêche d'alimentation par la pompe alimentaire traverse donc d'abord les tubes du réchauffeur qui prennent leur calorique à l'échappement de vapeur des cylindres. Cette eau a déjà acquis une température douce lorsqu'elle arrive dans les tubes du haut du surchauffeur de chaque côté du générateur. Quand elle en a parcouru tous les tubes, elle entre à une température voisine de 100 degrés à la partie inférieure du corps cylindrique en traversant des boîtes à clapets de retenue disposées en cet endroit.

Une disposition particulière de la pompe alimentaire permet de ne diriger l'eau d'alimentation que dans un des côtés des tubes, dans le cas où un joint fuirait sur un des deux circuits surchauffeurs.

L'application de l'appareil que nous venons de décrire a l'avantage de supprimer les surfaces de chauffe inutilisées des parois des carneaux.

C'est une heureuse modification qui porte son effet sur le rendement en vapeur par kilogramme de charbon.

Les gaz de la combustion sont refroidis à la limite extrême. Toutefois la température de ces gaz n'est pas abaissée plus qu'il n'est nécessaire. On comprend que le tirage souffrirait beaucoup de cette condition de marche. Dans une chaudière comme celle qui est présentée par les figures de 1 à 5 on peut installer un surchauffeur à tubes en fer de 50 millimètres de diamètre et de 100 mètres de développement.

---

## GÉNÉRATEUR DE VAPEUR

(Système Durenne)

---

Ce générateur, installé par la Maison Durenne à la station du syndicat international des Electriciens et exposé dans la classe 52 est du système dit multitubulaire vertical à tubes curvilignes à dilatation libre, à circulation automatique et à foyer intérieur amovible.

Il est d'une construction toute nouvelle et présente dans son ensemble des particularités qu'il nous a paru intéressant de signaler. Il a fonctionné pendant toute la durée de l'Exposition sans aucun arrêt et a fourni la vapeur nécessaire à la machine verticale Compound des Forges et Chantiers de la Méditerranée, actionnant elle-même une dynamo de 110 volts et 250 ampères qui, à elle seule, a éclairé sans interruption la coupole du dôme central.

Ce générateur a été étudié aux divers points de vue :

- 1° D'avoir une grande surface de chauffe directe ;
- 2° D'une mise en pression rapide ;
- 3° D'obtenir une circulation rapide dans les tubes ;
- 4° De la dilatation absolument libre des tubes ;
- 5° D'être d'une grande puissance par rapport à l'espace occupé ;
- 6° Et d'être d'un poids très réduit par rapport à la puissance développée.

Les considérations qui ont conduit M. Durenne à l'adoption de ce système ont été d'une part, les propensions qu'ont tous les manufacturiers à généraliser l'emploi des chaudières tubulaires pour répondre aux besoins toujours croissants des progrès industriels, et d'autre part, dans le but d'obvier aux difficultés que l'on rencontre souvent dans l'installation d'appareils très importants sur des emplacements très restreints. Ce système convient dans les applications spéciales telles que les pompes à incendie à vapeur, la navigation, l'aérostation, la télégraphie, l'éclairage électrique de campagne, les cuisines mobiles militaires, en un mot dans tous les cas où il est nécessaire d'obtenir une grande puissance avec des appareils peu encombrants et d'un poids réduit.

*Description.* — Ce générateur, dans son ensemble, se compose :

- 1° D'un foyer ;
- 2° D'un faisceau tubulaire faisant corps avec le foyer ;
- 3° D'une enveloppe mobile.

Le foyer est en tôle soudée, évasé par le bas pour permettre de donner à la grille une section en rapport avec la surface de chauffe. Il affecte la forme d'un tronç de cône dont la partie inférieure reçoit la grille et se réunit à l'enveloppe ; la partie supérieure forme plaque tubulaire au centre de laquelle vient se fixer la cheminée au moyen d'un collet rabattu. Cette cheminée porte encore une colerette rivée dont les bords plans sont dressés sur le tour et sur lequel sont fixés les boulons destinés à faire le joint avec la partie supérieure de l'enveloppe. Ces boulons ont des têtes spéciales disposées pour éviter tout mouvement pendant le serrage.

Le faisceau tubulaire se compose de séries de tubes en cuivre rouge sans soudure cintrés à plusieurs courbures suivant des gabarits adoptés et d'un diamètre déterminé expérimentalement. Ces tubes sont implantés dans la partie cylindrique du foyer immédiatement au-dessus de la partie concentrique de la cornière de l'enveloppe, ils sont placés en quinconce sur plusieurs rangs, rayonnant au centre pour remonter et venir déboucher et s'implanter dans la plaque tubulaire du foyer suivant des circonférences concentriques à la cheminée. Les coudes ou genoux se rapprochent du centre et arrivent presque à se toucher, faisant ainsi résistance au passage des gaz qui sont obligés de passer près de la paroi verticale du foyer et sont ainsi forcés de les lécher dans toutes leurs parties.

La disposition de la courbure de ces tubes laisse entre la partie verticale du foyer et les tubes le plus éloignés du centre un espace annulaire libre formant chambre de mélange ; les gaz, après avoir traversé la partie inférieure du faisceau tubulaire, s'y réunissent, se mélangent, s'y réallument et s'échappent en traversant les espaces laissés libres entre les parties verticales du dit faisceau pour se rendre à la cheminée.

La disposition, la combinaison et les courbures de ces tubes sont telles qu'ils ne permettent pas aux gaz de la combustion de s'échapper sans leur avoir cédé la presque totalité de leur calorique. Contrairement aux objections qui sont généralement faites à certaines chaudières tubulaires, que les tubes encastrés entre deux parties fixes ne peuvent se dilater librement, fatiguent et provoquent des fuites, la disposition et l'emmanchement de ce nouveau générateur sont tels que les dilatations des tubes sont absolument libres et que leur courbure évite toute fatigue et n'agit en aucune façon sur leurs points d'attache avec le corps cylindrique du foyer et le fond tubulaire.

L'enveloppe en acier complète le système : elle est de forme semblable au foyer et recouvre celui-ci concentriquement en laissant entre eux une légère partie annulaire, et, montant d'une certaine quantité au-dessus du foyer forme un espace assez important qui sert de réservoir de vapeur.

La partie inférieure du corps cylindrique de l'enveloppe est munie d'un collet en cornière dressé au tour, qui forme joint démontable avec le collet en cornière

emblable de la partie conique enveloppant le bas du foyer. La partie supérieure est munie d'un fond embouti découpé en son milieu pour donner passage à la cheminée; le fond porte sur la collerette de la cheminée et forme joint au moyen des boulons spéciaux dont il a été parlé plus haut.

La cheminée traverse ainsi le réservoir de vapeur; elle est munie à sa partie supérieure d'une enveloppe en coquille en deux parties, et fermée de toutes parts au moyen de cornières placées suivant les génératrices; l'une des coquilles est percée à sa partie haute d'une quantité de petits trous par lesquels passe la vapeur.

Près de chaque cornière de jonction se trouve une cloison ne descendant pas jusqu'au bas de l'enveloppe afin de donner passage à la vapeur qui se rend dans la coquille opposée au haut de laquelle se fait la prise de vapeur. Cette disposition permet d'obtenir de la vapeur d'une siccité satisfaisante.

L'eau d'alimentation est introduite à la partie inférieure de l'enveloppe du foyer, elle circule en prenant une marche ascendante en passant par les tubes qui, recevant directement les produits de la combustion, lui transmettent une haute température en établissant immédiatement une circulation rapide qui empêche les incrustations de s'y former. Cette eau mélangée de vapeur se rend dans la capacité supérieure formant récipient de vapeur, pour faire retour dans la partie annulaire entre le foyer et l'enveloppe extérieure en abandonnant les sels qu'elle peut avoir en dissolution et qui tombent dans le bas de la partie annulaire d'où ils sont chassés par une vidange faite sous pression.

La forme, la disposition des tubes, ainsi que la circulation rapide de l'eau ne permettant la formation d'aucun dépôt, évitent ainsi tous les accidents qui se produisent fréquemment lors de la mise en feu de certaines chaudières.

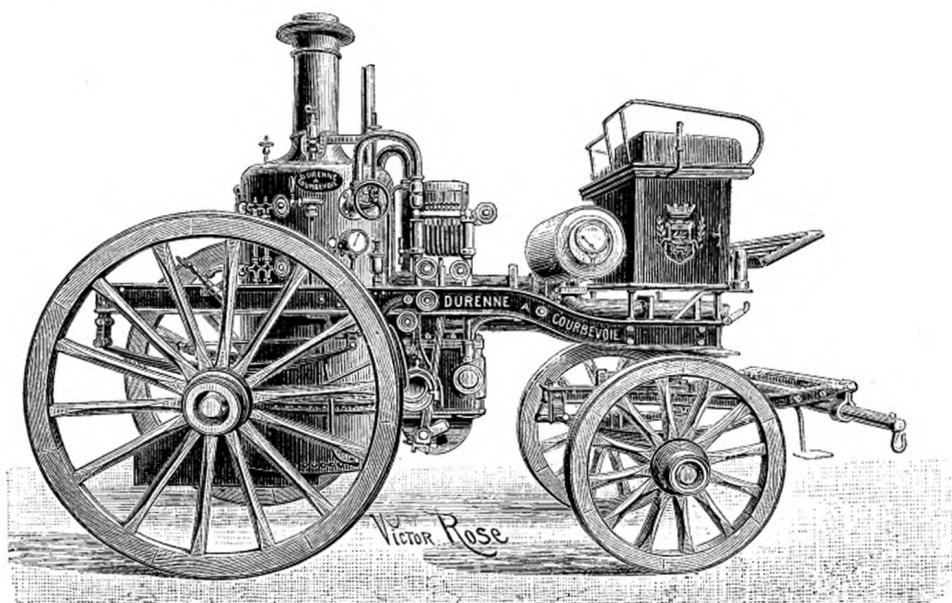
Les tubes sont rayonnants, inclinés et disposés en quinconce; chacun d'eux se trouvant placé entre les deux rangées inférieure et supérieure brise le courant des gaz de la combustion qui cherchent à s'élever par le chemin le plus direct, lèchent ainsi ces tubes dans toutes leurs parties, d'abord à leur passage près du corps du foyer en se rendant à la chambre de combustion, et ensuite, au sorti de cette chambre, à la partie supérieure près de la plaque tubulaire pour se rendre à la cheminée en leur cédant ainsi la plus grande partie de leur calorique.

La cheminée possédant une certaine température, il en a été profité pour le séchage de la vapeur en l'enveloppant de l'appendice ci-dessus décrit.

Cet appendice est placé dans le réservoir de vapeur; lorsque celle-ci doit se rendre au robinet de prise de vapeur, elle circule en passant par la partie perforée de l'enveloppe de la cheminée, rencontrant les deux chicanes placées suivant les génératrices, mais qui ne descendent pas jusqu'au bas de cette enveloppe et laissent dans le bas un passage égal à la section du robinet de prise, cette vapeur descend pour passer par ces ouvertures et remonter ensuite pour s'échapper par le tuyau placé à la partie supérieure du côté opposé à la partie perforée.

La vapeur lèche dans cette circulation toute la surface de la cheminée, s'emparant de son calorique et s'échappant ainsi absolument sèche. La prise de vapeur se fait donc dans les meilleures conditions.

Ce générateur, en service depuis assez longtemps a donné d'excellents résultats; de nombreux essais ont été faits et ont démontré qu'il était d'une grande élasticité d'allure, d'une production rapide et susceptible de pouvoir être sans inconvénient poussé pour produire à un moment donné une grande quantité de vapeur sans aucune déformation ni détérioration, la vapeur produite conservant ses qualités.



POMPE A INCENDIE A VAPEUR, SYSTÈME DURENNE

Dans les diverses expériences qui ont été faites, ce générateur, sous une pression moyenne de  $8^k,5$  et un tirage équivalent à un vide de  $0,^m003$  a produit 14 kilogrammes de vapeur par mètre carré de surface de chauffe et par heure.

Avec un tirage de  $0,010$ , il a produit  $47^k,65$  de vapeur par mètre carré de surface de chauffe et  $7^k,26$  par kilogramme de charbon. Enfin, avec un tirage de  $0,035$  la production de vapeur s'est élevée à  $69^k,7$  de vapeur par mètre carré de surface de chauffe et à  $6^k,24$  de vapeur par kilogramme de charbon.

Le générateur qui a fonctionné à la station du Syndicat des Électriciens était un type d'installation d'usine; comme générateur fixe il était monté sur un socle en fonte avec des ouvertures pour régler le tirage.

De plus, le constructeur y avait installé un réservoir d'eau d'alimentation et de jaugeage ce qui a permis de faire des essais de production et de consommation chaque jour répétés. Ce réservoir était accolé au générateur et traversé par le conduit de fumée allant au carneau commun à tous les générateurs de la station.

Pour terminer cet exposé, nous ferons observer que le générateur installé par M. Durenne au Syndicat international des Électriciens a fonctionné pendant les six mois de l'exploitation de l'Exposition sans donner lieu à aucune critique, que ce fonctionnement a été d'une continuité et d'une régularité fort satisfaisantes et qu'ayant visité l'intérieur des tubes de ce générateur, lors de son ouverture après la fermeture de l'Exposition, nous n'avons trouvé aucune trace de dépôts calcaires dans les tubes.

Ce générateur était en mesure, grâce à sa réserve considérable d'eau, de marcher pendant plusieurs heures sans donner lieu à aucune crainte, même quand les conduites de la Ville, qui l'alimentaient, étaient paralysées par une avarie quelconque.

Le générateur de M. Durenne est des plus pratiques et peu encombrant; il peut trouver sa place dans un grand nombre d'applications industrielles.

---

# GÉNÉRATEURS DE VAPEUR

(Système Lencauchez)

Planches 45 à 48.

---

M. Alexandre Lencauchez, ingénieur civil, 156, boulevard Magenta, à Paris, exposait dans la classe 52 les dessins d'une série de générateurs et d'appareils accessoires étudiés par lui. Parmi ces appareils nous signalerons un système de générateur multitubulaire, une chaudière tubulaire horizontale, un compresseur d'air et de gaz, des épurateurs d'eaux industrielles et des réchauffeurs d'eau d'alimentation.

Nous allons passer en revue les différentes études de M. Lencauchez, à l'exception de celle du compresseur qui trouvera place dans une autre partie de cet ouvrage.

## I. -- GÉNÉRATEUR MULTITUBULAIRE

(Système Lencauchez et Bourgois)

Ce générateur est composé d'un nombre variable de séries verticales de tubes reliées à leur partie supérieure avec un réservoir cylindrique d'eau et de vapeur.

Chaque série ou élément comprend :

1° Un barillet en fonte disposé verticalement à l'avant de la chaudière.

Ce barillet présente une section carrée avec les angles arrondis. Il est divisé dans le sens vertical en deux chambres distinctes par une cloison métallique intérieure dont nous verrons tout à l'heure la fonction.

2° Deux rangées de tubes en plans verticaux, l'une de ces rangées inclinée d'avant en arrière et réunie à la chambre de droite du barillet, l'autre inclinée d'arrière en avant et réunie à la chambre de gauche du même organe.

A la partie postérieure de la chaudière, les tubes sont réunis deux à deux et forment un certain nombre de vaporisateurs élémentaires nommés couples. Les figures qui accompagnent le texte montrent la disposition générale et donnent une idée du montage des éléments vaporisateurs.

La vue de la chaudière en coupe transversale montre que la série de droite de chaque élément est plus élevée que la série de gauche à l'avant du généra-

teur tandis qu'à l'arrière, les tubes des deux séries arrivent deux à deux au même niveau. En ce point les deux tubes d'un même couple sont réunis par une boîte de communication spéciale disposée horizontalement.

La coupe longitudinale du générateur montre que les différentes boîtes de raccord d'un même élément vaporisateur sont exactement superposées. Ces boîtes absolument indépendantes l'une de l'autre présentent des faces horizontales dressées qui leur permettent de se déplacer suivant les dilatations qui s'opèrent dans les tubes.

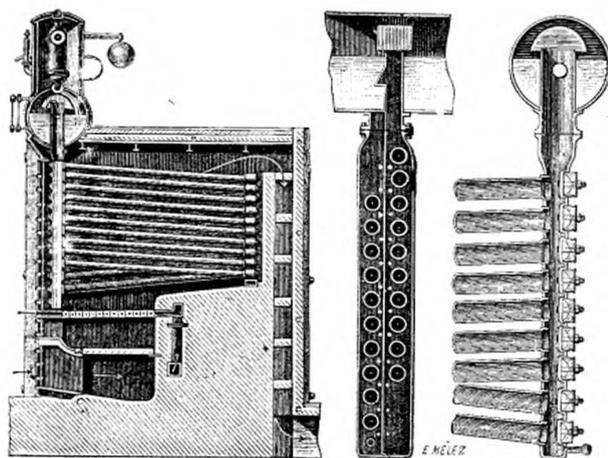


FIG. 1. — ÉLÉMENTS VAPORISATEURS

Le barillet porte à sa partie supérieure une bride en fonte au moyen de laquelle il est fixé sur une tubulure à large section communiquant elle-même directement avec le réservoir supérieur d'eau et de vapeur.

Cette tubulure présente une cloison verticale intérieure qui est la continuation exacte de la cloison médiane du barillet. La coupe transversale de la chaudière montre que la chambre de droite de chaque barillet continuée par la capacité correspondante de la tubulure est prolongée par un conduit traversant la masse d'eau et émergeant de quelques centimètres au-dessus du niveau normal de l'eau dans le réservoir.

Cette série de dispositions particulières fait que dans chaque élément vaporisateur existent les communications suivantes :

1° Communication, à l'avant de la chaudière et au moyen de la chambre de droite du barillet, de tous les tubes de droite avec l'atmosphère de vapeur du réservoir.

2° Communication, à l'avant de la chaudière et au moyen de la chambre de

gauche du barillet, de tous les tubes de gauche avec la masse d'eau de ce même réservoir.

3° Communication par couples, à l'arrière de la chaudière, de tous les tubes de la série de droite avec tous les tubes de la série de gauche.

La planche 47-48, dans laquelle on peut voir une coupe longitudinale du réservoir supérieur d'eau et de vapeur montre la disposition spéciale affectée par les conduits métalliques de dégagement prolongeant les chambres de droite des barillets.

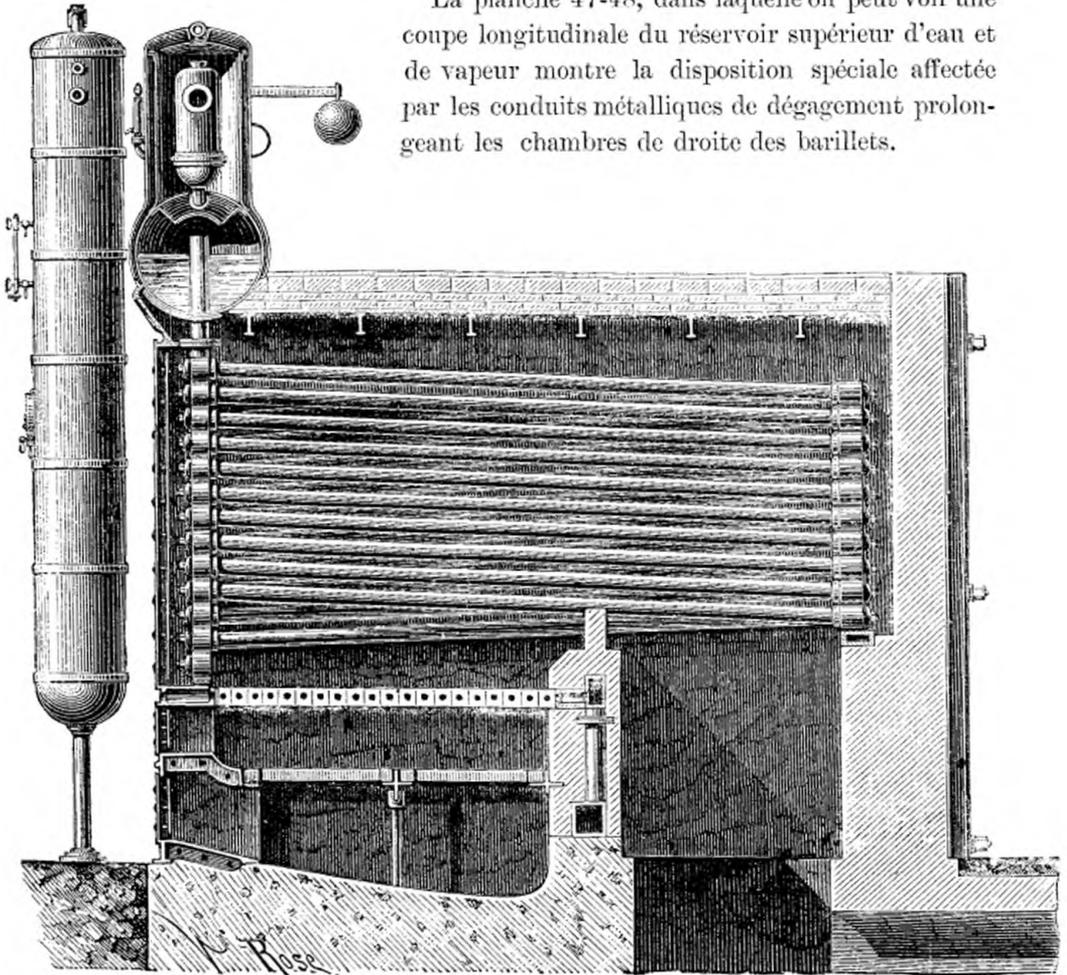


FIG. 2. — GÉNÉRATEUR LENCAUCHEZ, COUPE LONGITUDINALE

Ces conduites ont une section demi-circulaire. Sur leur face plane et sur leur face convexe, un peu au-dessous du niveau normal, se trouvent trois orifices de retour d'eau, laissant au liquide entraîné avec le courant ascendant de vapeur la liberté de venir se mélanger à l'eau du réservoir.

Au-dessus des extrémités de tous ces conduits de dégagement est disposée une pièce en tôle contre laquelle la vapeur formée vient frapper en se débarrassant des molécules d'eau entraînées. Cette pièce en tôle joue ainsi le rôle d'égoutteur.

Le réservoir supérieur d'eau et de vapeur est constitué par une enveloppe en tôle rivée et deux fonds emboutis également rivés. Il est surmonté dans sa partie médiane, par un dôme de prise de vapeur. Ce dôme est fermé à sa partie supérieure par un fond embouti boulonné. Le fond est fixé sur une couronne formée d'une forte cornière rivée à l'enveloppe du dôme.

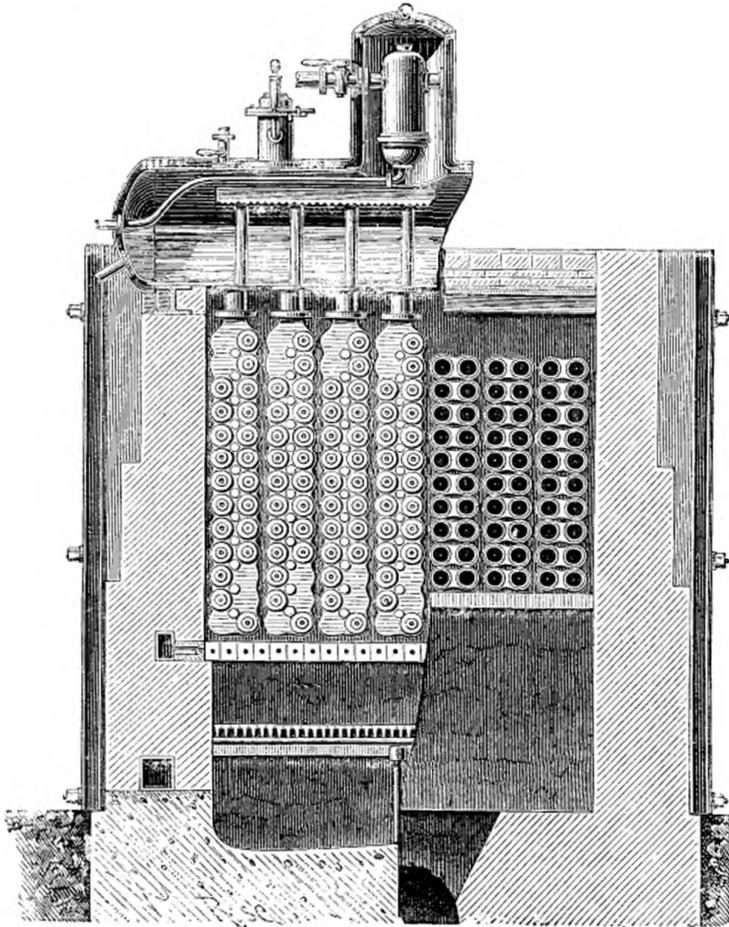


FIG. 3 — GÉNÉRATEUR LENCAUCHEZ, COUPE TRANSVERSALE

Le réservoir porte en général les appareils de sûreté et d'indication, soupapes, sifflets d'alarme, indicateurs de niveau et manomètre. Toutefois ces appareils sont souvent montés sur deux colonnes représentées par notre première figure et situées à droite et à gauche de la chaudière.

Ces deux colonnes sont les appareils déjecteurs. Elles communiquent d'une façon permanente avec le générateur. La colonne de gauche, à la partie supé-

rière de laquelle arrive l'eau d'alimentation, présente à l'intérieur une succession de voiles en tôle sur lesquels l'eau froide tombe en cascades. Cette eau, en pluie fine, tombant dans une atmosphère de vapeur que produit le corps cylindrique supérieur, est rapidement portée à la température d'ébullition; les sels calcaires deviennent alors insolubles et se déposent sur les voiles de l'appareil à cascades.

Ils sont entraînés peu à peu jusqu'au fond du déjecteur, d'où, au moyen d'un robinet d'extraction, on peut les expulser de temps à autre. L'eau épurée arrive ensuite dans la chaudière par un tuyau de communication.

L'appareil déjecteur à cascades est fermé à sa partie supérieure par un fond assemblé à boulons; ce fond porte la série de voiles métalliques sur lesquelles viennent se déposer les sels incrustants; en démontant les boulons de la couronne supérieure on a la possibilité de retirer tout l'intérieur de l'appareil et d'en opérer le nettoyage complet.

Sur la colonne du déjecteur à cascades sont montés le tube indicateur du niveau d'eau, les robinets de jauge et le manomètre.

La colonne de droite est une simple capacité formée d'une enveloppe cylindrique en tôle, d'un fond inférieur hémisphérique et d'un couvercle supérieur méplat portant en son centre la colonne du sifflet d'alarme et les avertisseurs de manque et d'excès d'eau.

Dans l'intérieur de la colonne est disposé un flotteur en tôle relié par une tige métallique au levier de l'indicateur de niveau et actionnant en retour la valve de prise de vapeur de la pompe alimentaire.

L'alimentation est aussi automatique et continue, condition avantageuse dans toutes les chaudières à faible volume d'eau.

Les deux colonnes d'épuration sont reliées entre elles à la partie supérieure au moyen d'un petit tuyau en cuivre.

L'air en dissolution dans l'eau d'alimentation, mis en liberté dans la colonne de gauche passe par le tuyau en cuivre et se rend à la colonne de droite d'où il est expulsé par le mouvement de sortie de la vapeur se rendant à la pompe alimentaire.

Le générateur, système Lencauchez et Bourgois, comprend en outre des organes que nous avons signalés, un appareil final qui a pour but d'éliminer de la vapeur produite toute trace d'eau. Cet appareil sécheur est situé à l'intérieur du dôme de prise de vapeur. Il est représenté dans nos figures de la planche 47-48.

Il se compose de quatre couronnes emboîtées l'une dans l'autre et laissant à la vapeur qui parcourt leurs intervalles un passage successivement à la partie supérieure et à la partie inférieure.

La vapeur circule dans l'appareil, à la façon des gaz chauds dans un récupérateur de chaleur Whitwell.

Les vues de la planche 47-48 indiquent la disposition adoptée pour le fumi-

vore. Il se compose, comme on le voit, d'une série de briques creuses accolées l'une à l'autre et toutes percées de trous du côté du foyer. La succession de ces briques creuses forme un long conduit communiquant par un petit carneau avec une soufflerie.

Le foyer en marche reçoit ainsi une certaine quantité de vent projeté sous bonne pression par les buses que nous avons signalées. Cette projection d'air mélange énergiquement les gaz de la combustion en les repoussant vers les portes du foyer pour allonger leur parcours utile. La combustion des gaz se complète sous l'influence de l'excès d'oxygène. On a la liberté d'abandonner ces gaz à la cheminée à une température aussi basse que possible.

Le fonctionnement de la chaudière Bourgois et Lencauchez est assez simple et n'exige du conducteur aucune connaissance spéciale.

La circulation intérieure de l'eau et de la vapeur est parfaitement définie et compréhensible. Les éléments de tubes chauffés par les gaz du foyer engendrent une grande quantité de vapeur. Cette vapeur, en vertu de sa faible densité, tend à s'élever vers le réservoir.

La vapeur formée dans les tubes de droite de chaque élément se dégage directement à la chambre correspondante du barillet.

La vapeur formée dans les tubes de gauche commence par parcourir ces tubes d'avant en arrière, traverse les boîtes de raccord horizontales puis revient d'arrière en avant par les tubes de droite d'où elle se dégage à la même chambre du barillet.

Il suit de là que la totalité de la vapeur produite par les différents tubes d'un même élément vaporisateur se dégage dans la même chambre de droite du barillet.

Cette vapeur traverse la communication en fonte placée entre le barillet et le réservoir supérieur. De là elle s'échappe à l'atmosphère de vapeur en suivant le conduit métallique dont nous avons parlé.

La vapeur, déjà égouttée par le choc qu'elle subit contre la pièce en tôle disposée au-dessus des adductions, se rend ensuite au sècheur à couronnes disposé dans le dôme. De là elle peut être prise et envoyée à la machine.

La chambre de gauche de chaque barillet communique, comme nous l'avons vu, d'une façon permanente avec la masse d'eau contenue dans le réservoir supérieur.

Elle a pour but unique de conduire l'eau froide à vaporiser aux différents tubes de la série verticale correspondante. Cette eau est entraînée par le mouvement du dégagement de la vapeur et circule d'avant en arrière pour revenir d'arrière en avant dans les tubes de droite après avoir traversé les boîtes horizontales de raccord.

Dans ce parcours l'eau subit une vaporisation partielle. Le liquide non vaporisé remonte par la chambre de droite avec la vapeur formée. Il se mélange dès

son arrivée au réservoir avec la masse d'eau de ce réservoir en s'échappant par les orifices immergés des tubes abducteurs.

On voit maintenant le rôle de la cloison médiane séparant chaque barillet en deux chambres distinctes.

Cette cloison sert exclusivement à isoler d'une façon complète les deux courants de sens inverse de la vapeur dégagée et de l'eau en retour.

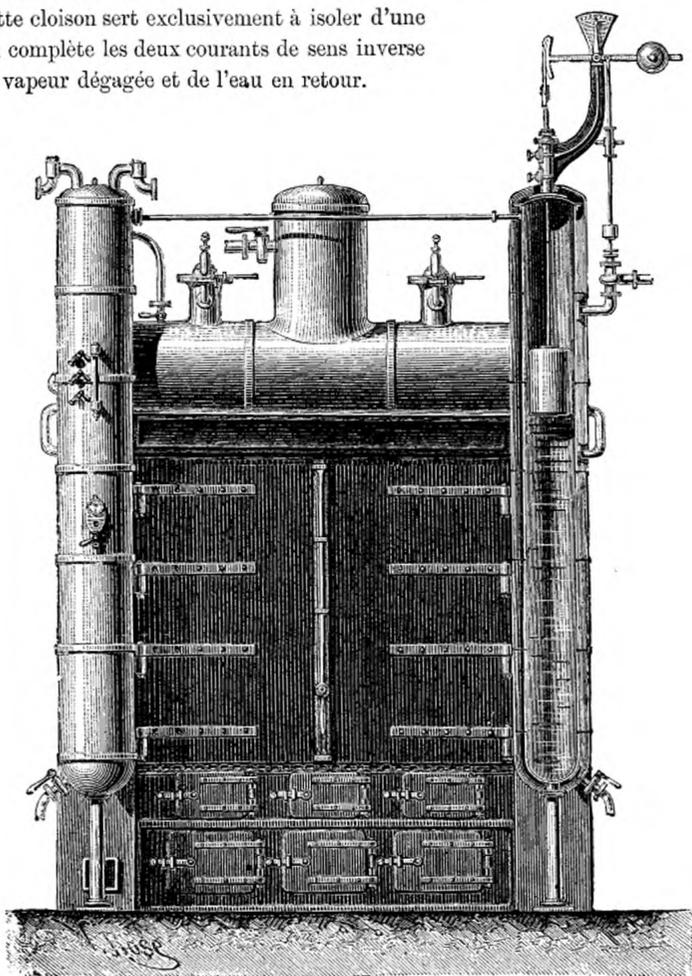


FIG. 4 — GÉNÉRATEUR LENCAUCHEZ, VUE DE FACE.

Les figures insérées dans le texte et les vues de la planche 47-48 indiquent d'une façon suffisante comment l'installation de la chaudière Lencauchez et Bourgeois est terminée et complétée. Elles montrent les dispositions relatives de

la grille, du fumivore et du faisceau tubulaire, l'importance de la construction en maçonnerie, l'arrangement des carreaux de fumée, le mode de suspension de l'appareil, etc.

La chaudière, système Lencauchez et Bourgois, offre quelques avantages évidents, inhérents au principe même de l'appareil. Nous ne ferons que mentionner les plus importants :

1° La disposition des buses dans le foyer et la projection de l'air sur les gaz de la combustion conduisent à une utilisation plus complète du charbon employé.

2° Le dégagement de la vapeur est facilité par l'absence de tout courant de sens inverse dans le même milieu. Le chemin de cette vapeur est absolument tracé. Le mouvement se produit toujours dans le même sens et la génération est continue.

3° L'eau en retour ne rencontre pas de vapeur en dégagement. Son mouvement est ainsi rendu absolument libre.

4° La vapeur formée par chaque élément générateur se dégageant par un conduit spécial jusque dans l'atmosphère du réservoir, l'eau de ce réservoir n'est pas agitée, son niveau reste stable et les entraînements d'eau provenant d'ébullitions tumultueuses sont réduits au minimum.

5° La charge qui produit la circulation intérieure est constituée par une colonne d'eau remplissant la chambre de gauche de chaque barillet. Cette colonne d'eau ne renferme aucune bulle de vapeur. Elle est nette de tout mélange pouvant avoir pour effet de diminuer sa densité. La charge motrice étant maxima, la vitesse de circulation atteint sa plus grande valeur.

6° Les deux tubes d'un même couple ne sont rendus solidaires d'une pièce fixe qu'à la partie antérieure de la chaudière où ils sont expansés dans les ouvertures du barillet ; leurs extrémités postérieures peuvent se déplacer librement, suivant les dilatations qui se produisent. Il n'y a, par suite, aucune crainte de dislocation ni de fuites aux assemblages.

Le nettoyage intérieur de la chaudière se fait en procédant à la vidange sous pression, à des intervalles qui dépendent de l'allure générale de l'appareil. D'ailleurs, le fonctionnement des deux colonnes déjectrices simplifie beaucoup cette opération.

Le nettoyage extérieur du faisceau tubulaire se fait comme dans les générateurs des autres systèmes, au moyen de la lance à main envoyant un fort jet de vapeur sur la surface des tubes. Il est très facile de passer la lance entre les barillets dans des ouvertures réservées à cet effet.

Les détails de construction, au point de vue de la facilité des réparations, nous semblent parfaitement étudiés dans le système de générateur Lencauchez et Bourgois.

Dans le cas exceptionnel où un tube viendrait à se rompre, son remplacement

nécessite un arrêt de quelques heures seulement, remplissage et mise en pression compris.

Il a été fait sur le générateur multitubulaire, système Lencauchez et Bourgois une série d'expériences de vaporisation.

Nous donnons ci-après le résumé d'une de ces expériences.

Durée de l'essai . . . . .	10 heures
Poids de charbon brûlé . . . . .	1525 kg.
» des cendres et mâchefers . . . . .	325 kg.
» d'eau vaporisée . . . . .	8000 kg.
Surface de chauffe totale . . . . .	47 <sup>m</sup> 2,50
Eau vaporisée par mètre carré de surface de chauffe	16k,800
» par kilogramme de combustible	
brûlé, déduction faite des cendres et mâchefers . . . . .	8k,750
Pression moyenne à la chaudière . . . . .	6 kg.

Les caractéristiques de la chaudière multitubulaire, système Lencauchez et Bourgois, représentée planche 47-48, sont résumées dans le tableau suivant :

Timbre de la chaudière . . . . .	10 kg.
Surface de la grille . . . . .	3 mètres carrés
» de chauffe utile . . . . .	120 »
Cube d'eau renfermée . . . . .	5 <sup>m</sup> 3,200
» de vapeur renfermée . . . . .	1 <sup>m</sup> 3,160
Production totale de vapeur par heure . . . . .	1800 kg.
» de vapeur par heure et par mètre	
carré de surface de chauffe . . . . .	15 kg.
Production maxima de vapeur par heure avec	
foyer soufflé . . . . .	3600 kg

## II. — CHAUDIÈRE TUBULAIRE A DÉJECTEUR ET SÈCHEUR

### *Système Lencauchez*

La planche 45-46 de notre atlas représente un type de chaudière tubulaire étudié par M. Lencauchez.

Cet appareil comporte un certain nombre de dispositions spéciales que nous allons examiner. Dans l'étude qui en a été faite, l'inventeur s'est attaché à résoudre plusieurs questions particulières de construction et à combattre une série d'errements qu'il prétend avoir été suivis dans les anciens systèmes.

La chaudière tubulaire, système Lencauchez, se compose :

1° D'un grand corps cylindrique inférieur, à l'intérieur duquel se trouve un vaste foyer suivi d'une chambre de combustion et d'un faisceau tubulaire.

2° D'un réservoir cylindrique de grande capacité, placé à la partie supérieure et mis en communication avec le corps inférieur par deux larges tubulures.

3° D'un sécheur de vapeur placé à la partie postérieure de la chaudière et sur lequel s'effectue la prise de vapeur.

Le corps cylindrique inférieur est constitué par une enveloppe en tôle rivée, un fond antérieur dans lequel sont prises les portes du foyer et du cendrier, et un fond postérieur formant plaque tubulaire.

Le foyer intérieur est formé par une succession de viroles à bords rabattus. Entre les bords de deux viroles consécutives est interposée une couronne de tôle, rivée avec eux ; l'ensemble forme armature et donne au corps du foyer une grande rigidité.

La grille repose sur des sommiers en fonte fixés à l'enveloppe du foyer. Elle n'occupe que la moitié de la longueur de celui-ci. Elle est terminée à l'arrière par un autel en briques réfractaires.

Le foyer est terminé à sa partie postérieure par une caisse cylindrique d'un diamètre un peu supérieur au sien.

La paroi postérieure de cette caisse constitue la plaque tubulaire d'avant du faisceau.

Le faisceau tubulaire est d'une longueur assez restreinte si on le compare à celui des autres types de chaudières tubulaires. Les tubes sont au nombre de 55. Ils ont 75 millimètres de diamètre intérieur et 2 millimètres et demi d'épaisseur.

Leur longueur est seulement de 2<sup>m</sup>,200. Ils sont emmanchés à joints coniques dans les plaques tubulaires et fortement sertis dans les ouvertures ; cette opération est faite au moyen de tirants réunissant les deux plaques à l'intérieur du tube et faisant effort sur des calottes qui en expansent les extrémités.

Afin de préserver ce montage de tubes mobiles, système Bérendorf, six forts tirants en fer rond à grain fin réunissent les deux plaques tubulaires et en empêchent les déformations.

La partie du corps cylindrique inférieur qui renferme le faisceau tubulaire est, comme l'indique la planche 45-46, terminée à sa partie inférieure par une capacité verticale cylindrique à fond hémisphérique. Cette capacité reçoit l'arrivée d'un tuyau de communication avec le réservoir supérieur de la chaudière. Elle renferme une pièce de tôle légère dont le but est de guider les courants d'eau. C'est dans cette partie du générateur que l'eau d'alimentation vient déposer les sels calcaires rendus insolubles par la haute température.

Le faisceau tubulaire vaporisateur débouche dans une boîte à fumée de grande capacité. Cette boîte à fumée s'élève jusqu'au niveau supérieur du sécheur de vapeur. Elle est munie de portes donnant accès aux deux plaques tubulaires et permettant le nettoyage des deux faisceaux.

Entre le faisceau vaporisateur et le faisceau sécheur sont réservés deux pas-

sages A et B (fig. 3), pour les gaz de la combustion qui ne trouvent pas leur évacuation par les tubes du sécheur.

Les deux passages A et B et le faisceau sécheur communiquent à l'avant avec une deuxième boîte à fumée au dessus de laquelle est la cheminée:

Le réservoir supérieur d'eau et de vapeur est constitué par une enveloppe cylindrique et deux fonds bombés, emboutis, et rivés à l'enveloppe.

Les communications de ce réservoir avec le corps cylindrique inférieur sont en tôle rivée. Elles sont formées de deux parties, chacune d'elles étant réunie à l'un des réservoirs. Les deux pièces sont assemblées au moyen de collerettes à cornières rivées.

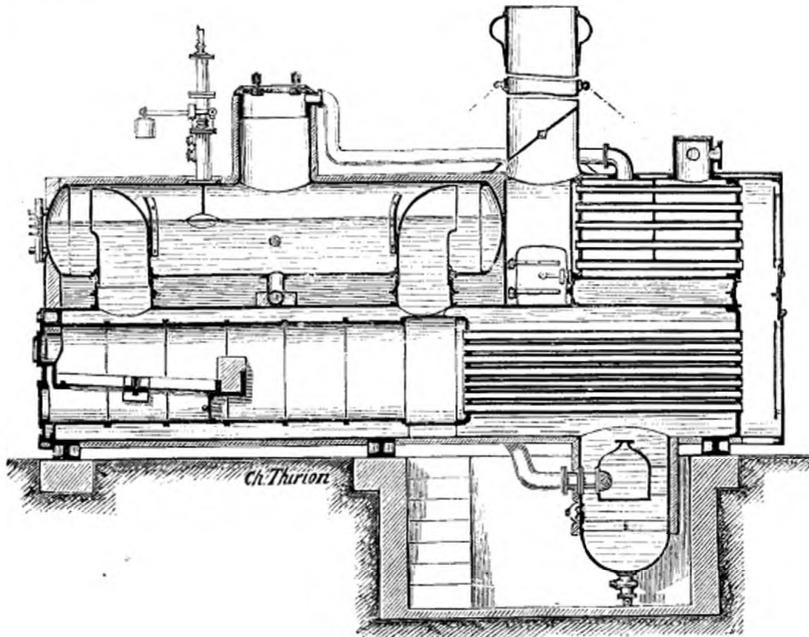


FIG. 5. — CHAUDIÈRE TUBULAIRE, SYSTÈME LENCAUCHEZ

Les communications sont prolongées dans l'intérieur du réservoir d'eau et de vapeur, par deux pièces en tôle mince montant d'abord verticalement dans la masse d'eau puis se courbant à angle droit vers les fonds du réservoir.

Cette disposition a pour but de guider les courants ascendants d'eau et de vapeur vers les extrémités du corps cylindrique, forçant l'eau à faire retour sans occasionner de mouvements tumultueux dans la masse liquide et la vapeur dégagée à subir un changement de direction avant de se rendre au dôme.

Le dôme est formé d'une enveloppe en tôle à bords rabattus rivée au corps cylindrique et d'un fond supérieur en fonte. Ce fond porte un couvercle auto-

clive maintenu par deux étriers en fer forgé. C'est par l'ouverture pratiquée dans la tête du dôme que s'introduit l'homme chargé de la visite et du nettoyage intérieurs.

Le dôme porte à la partie supérieure une tubulure sur laquelle est boulonnée un tuyau se rendant à la chambre du sécheur.

Sur le réservoir supérieur d'eau et de vapeur sont montés les appareils de sûreté et d'indication, soupapes, sifflets d'alarme, indicateur métallique du niveau d'eau, manomètre, etc.

La chaudière complète repose sur trois piétements en fonte fixés sur des massifs en maçonnerie.

La planche 45-46 indique la disposition de tous les appareils d'ordre secondaire qui ne figurent pas dans notre description.

La figure n° 1<sup>bis</sup> représente le système amovible, à presse-étoupe et à libre dilatation employé dans les grands générateurs, où la dilatation du foyer, plus considérable que celle du corps cylindrique auquel il est fixé pourrait entraîner de graves désordres.

Cette disposition particulière consiste en l'adjonction à l'avant du corps du foyer, d'une collerette emboutie et tournée, l'extrémité du corps cylindrique étant transformée en presse-étoupes.

Le fonctionnement de la chaudière tubulaire, système Lencauchez, est d'une régularité fort satisfaisante. Le système, en lui-même, participe d'ailleurs des avantages du système à bouilleurs, dont il possède la stabilité et du système tubulaire par le chiffre de sa production moyenne.

La circulation des gaz s'y opère facilement et leur calorique est utilisé dans la plus large mesure possible.

La circulation interne des fluides ne laisse rien à désirer. Les grandes sections d'écoulement et de dégagement qu'on a conservées en tous les points de l'appareil en sont la meilleure preuve.

La figure 2 de notre planche 45-46 indique d'une façon complète la nature des circulations diverses qui s'opèrent dans le générateur. On voit également sous quelle action l'eau d'alimentation, déjà chauffée, arrive au déjecteur où elle se débarrasse des sels qu'elle tient non plus en dissolution mais en suspension. La coupe en plan du déjecteur et la coupe verticale de la figure 2 montrent la nature du mouvement imprimé dans cette partie de l'appareil à l'eau d'alimentation.

La chaudière représentée par les grandes figures de la planche 45-46 est à l'échelle du vingtième, ses caractéristiques importantes sont résumées dans le tableau suivant :

Surface de chauffe totale du vaporisateur. . . . .	36 <sup>m2</sup>
— du sécheur . . . . .	14 <sup>m2</sup>
— de l'appareil. . . . .	50 <sup>m2</sup>

Surface de la grille suivant la qualité de la houille . . . . .	1 <sup>m</sup> à 1 <sup>m</sup> ,44
Section de la cheminée . . . . .	0 <sup>m</sup> ,24
— totale du faisceau tubulaire. . . . .	0 <sup>m</sup> ,24
— — des tubes du sécheur. . . . .	0 <sup>m</sup> ,18
— — des passages A et B. . . . .	0 <sup>m</sup> ,07
— — du sécheur. . . . .	0 <sup>m</sup> ,25
Hauteur de la cheminée au dessus de la grille . . . . .	20 à 26 <sup>m</sup> .
Nombre de tubes du vaporisateur . . . . .	55
— — du sécheur. . . . .	55
Diamètre intérieur des tubes du vaporisateur. . . . .	75 mil.
— — du sécheur . . . . .	65 mil.
Production totale de vapeur par heure. . . . .	840 kg.
— par heure et par mètre carré de surface de chauffe . . . . .	24 kg.
Timbre de la chaudière . . . . .	7 kg.
Consommation de houille à 5 % de cendres, par heure . . . . .	110 kg.
Poids total approximatif de la chaudière . . . . .	9500 kg.

N. B. La longueur de la grille est de 1<sup>m</sup>,800, pour de la houille cendreuse à 25 % de résidus en moyenne, mais pour de la bonne houille à 5 ou 7 % de cendres, il faudrait la réduire à 1<sup>m</sup>,340.

La chaudière tubulaire, système Lencachez, est le résultat d'études fort complètes.

Elle présente, en principe, des avantages évidents. Ses détails de construction ont été de même soigneusement examinés. Nous avons réuni dans les quatre paragraphes suivants les remarques relatives à chacun de ces deux points de vue.

1° Le foyer reçoit facultativement une partie de l'air nécessaire à la combustion au-dessus de la grille, par des ajutages qui lancent de vigoureux jets de vent. Ces jets mélangent les gaz de distillation, en activant la combustion et complètent cette combustion.

De plus, la flamme se contracte en passant sur l'autel que notre planche 45-46 représente très élevé; elle se détend ensuite brusquement dans une vaste chambre de combustion.

Cette détente spontanée donne naissance à une flamme courte qui n'atteint pas les tubes du faisceau vaporisateur.

Quand les gaz du foyer arrivent à l'intérieur de ces tubes, la combustion est complètement terminée.

De cette manière, le générateur est lui-même son propre fumivore. Il n'exige pas d'appareils spéciaux et conduit à une économie sensible dans la marche normale. De plus, la combustion s'achevant dans la chambre même du foyer, la boîte à fumée et les raccords des plaques tubulaires et des tubes sont à l'abri de toute détérioration.

2° L'emploi des longs faisceaux de tubes et du retour de flammes autour du corps de chaudière ont été absolument écartés.

M. Lencauchez a pris cette détermination sur le vu d'observations faites il y a quelques années par MM. S. Graham et J. Petiet.

MM. S. Graham et J. Petiet ont fait dans l'ordre d'idées qui nous occupe une série d'expériences sur le rendement en vapeur d'une chaudière tubulaire de grande longueur. Cette chaudière était divisée en cinq tronçons, le n° 1 étant celui de la boîte à feu et le n° 5, celui de la boîte à fumée. La production de vapeur par heure et par mètre carré de surface de chauffe se répartissait de la manière suivante :

Tronçon n° 1 (foyer) .....	68,20 %
id. n° 2 .....	15,20 »
id. n° 3 .....	8,80 »
id. n° 4 .....	5,30 »
id. n° 5 (boîte à fumée) .....	2,50 »
Total .....	100, »

Avec une production de 25 kilogrammes par mètre carré moyen de surface de chauffe et par heure, la température des gaz était de 270 degrés dans la boîte à fumée, la vapeur étant à 5 kilogrammes de pression. On voit la faible quantité de vapeur produite par le cinquième tronçon si l'on calcule cette production sur le pied de 2,5 %, et par suite la quantité de vapeur encore moindre produite par le retour de flammes autour du corps de chaudière.

Ces considérations ont conduit M. Lencauchez aux dispositions que nous avons signalées plus haut.

3° La chaudière tubulaire représentée par notre planche 45—46 est à longueur de grille variable suivant les qualités de charbon employé. Le foyer est d'une construction particulièrement soignée ; l'assemblage des viroles forme, comme nous l'avons vu, un armaturage très robuste. Signalons en outre l'absence de tout rivet au coup de feu.

4° La vapeur sortant du dôme de prise se rend au faisceau tubulaire sécheur parcouru par les gaz de la combustion. Ces gaz éteints sont à la température de 240 degrés environ. Ils ne surchauffent pas la vapeur ; leur but est seulement de vaporiser les vésicules d'eau entraînées, de manière que la vapeur soit absolument sèche à son évacuation dans la conduite.

*Réchauffeur déjecteur filtrant (épuration) pour alimentation de chaudières à vapeur, système Lencauchez.* — Cet appareil a pour but de rendre propres à l'alimentation des générateurs certaines eaux industrielles incrustantes.

Les systèmes d'épurateurs sont aujourd'hui en grande nombre. M. Lencauchez en a imaginé un que nous allons décrire sommairement :

L'épurateur représenté en coupe verticale par notre planche 47-48 marche avec la vapeur d'échappement des machines et avec la vapeur vive des chaudières. Dans le premier cas, afin d'éviter que les graisses contenues dans la vapeur en se mêlant aux sels incrustants ne forment un mastic s'opposant à

la transmission du calorique, le vapeur se rend d'abord dans un appareil dégraisseur où elle se débarrasse des matières grasses et de l'eau de condensation. Les eaux grasses provenant de cette première opération sont évacuées par la partie inférieure du dégraisseur.

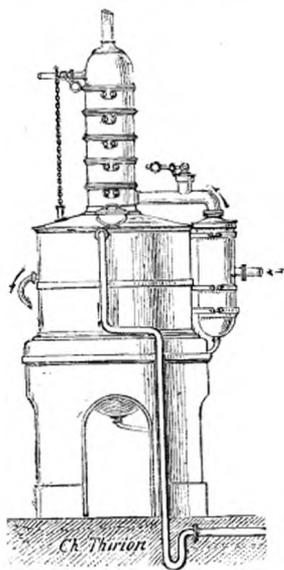


FIG. 6. — ÉPURATEUR D'EAU

La figure montre qu'avant de gagner l'intérieur du réchauffeur, l'eau à épurer est obligée de descendre dans le fond du réservoir, de remonter ensuite dans la couronne intérieure pour tomber enfin dans le tuyau denté qui la distribue sur le premier cône.

On remarquera que les cônes qui se trouvent au-dessus du réservoir sont alternativement ouverts au centre et à la circonférence, de sorte que l'eau qui s'écoule de haut en bas est elle-même ramenée alternativement du centre à la circonférence et de la circonférence au centre. Tous ces plateaux portent des bords dentés; l'eau se divise ainsi en un nombre considérable de filets et présente une plus grande surface à l'action de l'épurateur.

La vapeur, de son côté, suit un mouvement inverse de celui de l'eau, c'est-à-dire de bas en haut; elle est obligée de traverser les nombreux filets d'eau en allant successivement de la circonférence au centre et du centre à la circonférence. Il résulte de ces mouvements une condensation de la vapeur qui cède à l'eau son calorique.

L'eau chaude ainsi produite se rend dans le réservoir inférieur qui est entouré de substance calorifique. L'eau s'élève rapidement à une température voisine de 100 degrés, les gaz dissous sont chassés, les bicarbonates sont décomposés, les carbonates terreux sont précipités.

L'eau chaude se décante ainsi dans le réservoir inférieur, elle monte à travers un filtre formé de petits graviers, dans lesquels elle abandonne les dernières impuretés.

Au-dessus du filtre se trouve la prise d'eau placée à deux ou trois mètres au-

dessus des pompes alimentaires, afin que ces dernières puissent fonctionner en charge sur l'aspiration.

Dans le cas d'une eau séléniteuse, la précipitation du sulfate de chaux ne peut avoir lieu d'une façon complète.

Mais si l'on ajoute une solution titrée de carbonate de soude, on précipite le carbonate de chaux et il reste en dissolution du sulfate de soude qui est sans action sur les surfaces internes d'une chaudière.

Il est en pratique nécessaire d'employer 800 grammes de carbonate de soude par kilogramme de sulfate de chaux à décomposer.



La vidange de l'épurateur et le nettoyage du filtre se font très facilement à volonté ; il suffit d'ouvrir le robinet inférieur du réservoir, l'eau se trouvant en charge s'écoule violemment et dégrasse complètement le filtre et le réservoir.

Des expériences faites sur l'épurateur déjecteur, système Lencauchez, et conduites avec toute la précision désirable, ont montré qu'une eau industrielle contenant par litre 0<sup>sr</sup>,164 de carbonate de chaux, 0<sup>sr</sup>,140 de sulfate de chaux et marquant 31 degrés hydrotimétriques pouvait être ramenée, au traitement simple, à 13 degrés et avec addition de carbonate de soude, à 6 ou 7 degrés hydrotimétriques.

Dans le cas où l'on ne dispose pas pour faire fonctionner le réchauffeur, de vapeur d'échappement de machines, on se sert de la vapeur vive d'une chaudière. La vapeur passe alors dans un détendeur avant de se rendre dans l'appareil. Elle joue ensuite le même rôle que dans le premier exemple.

Il est possible, en employant de la vapeur vive, de pousser l'épuration de l'eau à une limite plus avancée. Cette épuration se faisant à la température de 120 degrés environ, ce qui correspond à la pression effective d'un kilogramme, la presque totalité des sels de chaux est précipitée et les germes organiques sont détruits.

Cette dernière particularité fait adopter le réchauffeur épurateur fonctionnant à vapeur vive, dans les installations telles que les brasseries, malteries, distilleries, sucreries, etc., où l'on exige de l'eau débarrassée de tout élément de fermentation.

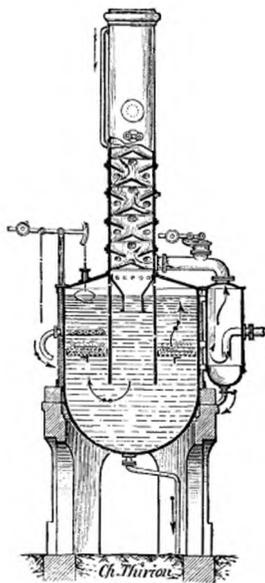


FIG. 7. — ÉPURATEUR D'EAU

## APPAREILS ACCESSOIRES DE GÉNÉRATEURS (Edouard Bourdon, à Paris).

---

M. Edouard Bourdon, Ingénieur-constructeur, à Paris, avait installé dans la classe 52 (Palais des Machines) une importante exposition de divers appareils accessoires de chaudières.

Chacun sait que la maison Bourdon, fondée en 1832 par M. Bourdon père, s'est fait une renommée considérable avec la construction des manomètres de son système. C'est M. Bourdon père qui eut la première idée de l'organe principal de tout manomètre : le tube métallique cintré, à l'intérieur duquel agit la pression.

M. Edouard Bourdon, qui depuis l'année 1872 est à la tête de l'établissement de construction du Faubourg du Temple a créé un assez grand nombre d'appareils reposant sur le même principe ou s'y rattachant. Une partie de ces appareils figurait dans son exposition spéciale. Tout le monde a vu cette exposition située sous la galerie de pourtour du Palais des Machines près des bureaux de l'administration.

Les modèles d'appareils construits par M. Edouard Bourdon étaient en trop grand nombre pour qu'il lui fût possible de les faire tous figurer à l'Exposition.

Il s'est donc borné à exposer une collection aussi complète que possible de manomètres et indicateurs du vide d'usage courant, ainsi que les types des instruments spéciaux les plus employés ou les plus intéressants.

Ceux de ces instruments qui nous concernent plus spécialement sont les suivants :

Manomètres ordinaires pour chaudières fixes et locomobiles.

Manomètres circulaires à aiguille centrale pour les marines françaises et étrangères.

Manomètres divers pour les Compagnies de chemins de fer et employés pour les locomotives, les freins à air et les appareils d'éclairage par le gaz.

Manomètres enregistreurs et contrôleurs avec aiguille à maxima.

Indicateurs du vide et manomètres combinés indiquant le vide et la pression.

Manomètres étalons portatifs.

Manomètres à mouvement visible et instruments divers pour la démonstration.

Manomètres à plusieurs cadrans ou à plusieurs aiguilles sur un seul cadran.

Manomètres à haute pression pour presses hydrauliques et différents autres usages.

Dans ce dernier système, M. Bourdon avait exposé un manomètre gradué jusqu'à la pression de 2500 kilogrammes. Ce manomètre est du type de ceux qui ont été adoptés par la Section technique de l'artillerie pour le contrôle des pressions très élevées.

Enfin sur un pan de mur était disposée une exposition décorative comprenant un grand manomètre et une série d'autres manomètres plus petits avec cadre en bronze poli, très employés aujourd'hui par les constructeurs de générateurs fixes.

Les manomètres exposés n'avaient aucunement été fabriqués à cause de l'Exposition ; c'étaient des instruments de fabrication courante, absolument conformes à ceux qui sont livrés journellement dans l'industrie.

Le cadre de notre revue ne nous permet pas de nous étendre sur les détails de construction relatifs à la fabrication et à la graduation des manomètres. Malgré tout l'intérêt que présenterait une semblable étude, nous nous voyons dans l'obligation de n'en dire que quelques mots.

Nous signalerons en premier lieu la confection des tubes métalliques cintrés qui forment l'élément principal des manomètres. La fabrication de ces tubes est l'objet des soins les plus minutieux. On en comprend facilement l'importance.

Les tubes métalliques employés dans les manomètres Bourdon, sont tous de section elliptique. Toutefois, selon les usages auxquels on les destine, selon les pressions qu'ils doivent supporter, suivant la nature des gaz soumis à la compression, ils diffèrent entre eux comme dimensions et comme nature de métal employé.

Lorsqu'il s'agit de manomètres pour les pressions peu élevées, on emploie le laiton de premier titre. Afin d'obtenir avec ce métal une résistance suffisante, les tubes sont fabriqués par emboutissage et étirage à froid. Un tableau exposé montrait les différentes phases de cette opération depuis la plaque de laiton jusqu'au tube entièrement terminé.

Pour les manomètres destinés aux pressions moyennes et lorsque ces manomètres sont soumis à l'action directe de la vapeur, le tube cintré est fabriqué par l'étirage d'un alliage de bronze spécial fondu dans les ateliers mêmes de M. Bourdon. Ce métal composé permet d'obtenir des tubes offrant les meilleures garanties de résistance et de précision.

Enfin, quand il s'agit de manomètres pour lire les pressions élevées, jusqu'à 3000 kilogrammes, on fait usage de tubes en acier entièrement fabriqués par la maison Bourdon.

L'acier est pris à l'usine en petits barreaux qui sont ensuite perforés et étirés suivant les formes qu'il faut donner aux tubes.

On pouvait, à l'exposition, se rendre compte de l'importance de la fabrication des tubes cintrés des manomètres. Dans deux écrans distincts étaient rassemblés tous les échantillons de ces tubes.

Dans le premier, on pouvait voir la série complète des profils et des formes en

usage actuellement dans la maison Bourdon. Le second renfermait les différents types de tubes créés tout d'abord par l'inventeur, M. Bourdon père. Ces derniers modèles avaient servi, au début de la fabrication, d'étude comparative complète et permis d'apprécier entre toutes la forme elliptique, comme donnant les meilleurs résultats.

M. Bourdon père avait étudié entre autres formes, celle du tube elliptique tordu en hélice dans sa longueur. Il existait à l'Exposition un manomètre de ce système.

Nous allons maintenant passer en revue les différents appareils exposés et construits par M. Edouard Bourdon.

*Appareils pour la graduation des manomètres.* — L'opération de la graduation des manomètres est évidemment dans la fabrication qui nous occupe une question de la plus haute importance. On comprendra donc que M. Edouard Bourdon ait toujours été préoccupé de donner à sa résolution les soins tout particuliers qu'elle réclame.

On ne voyait pas à l'Exposition les colonnes à eau et à mercure qui sont ordinairement employés pour la graduation des manomètres étalons. La place eût d'ailleurs manqué pour installer ces colonnes qui atteignent souvent de grandes hauteurs.

Toutefois, M. Bourdon avait exposé deux spécimens d'appareils à pression hydraulique servant à effectuer les graduations.

Le premier de ces appareils était une pompe d'atelier combinée avec réservoir, consoles formant supports, tuyaux, raccords et robinets ; l'assemblage robuste de ces différentes parties composait un appareil d'une extrême précision et d'une grande commodité pour le réglage et la graduation. Il va sans dire qu'il est alors nécessaire d'opérer par comparaison avec un manomètre étalon gradué par la colonne à mercure ou à eau.

Le deuxième appareil était un compresseur à vis, dans lequel les organes étaient réduits au minimum de dimensions, afin d'obtenir un ensemble fortement constitué. Cet appareil peu sujet aux dérangements, à cause de sa masse est destiné à la vérification des manomètres dans les divers établissements industriels qui en font un grand emploi.

La pompe d'atelier et le compresseur à vis étaient chacun complété par un manomètre étalon gradué à la colonne à mercure.

Le troisième appareil de graduation exposé par M. Edouard Bourdon était un compresseur pour étalonner les manomètres à haute pression.

On conçoit qu'il se présente des cas où l'usage des colonnes à eau et à mercure devient absolument impraticable. Il n'est pas possible, en effet, d'établir de tels appareils quand il s'agit d'arriver à une pression de plusieurs centaines de kilo-

grammes, comme pour les manomètres devant servir aux presses hydrauliques ou autres appareils compresseurs.

Le compresseur à étalonner les manomètres à haute pression a pour organe essentiel un levier à branches inégales chargé de poids à l'une de ses extrémités et mis en équilibre par un piston hydraulique tournant qui appuie sur l'autre extrémité.

Toute la précision de l'appareil réside dans la rotation de ce piston dans son cylindre. En effet ce mouvement annule le frottement du cuir embouti en répartissant l'effort d'une façon uniforme sur tout le pourtour du piston, et la pression hydraulique est transmise intégralement et sans altération au levier.

Ce piston tournant fut inauguré par M. Bourdon père, qui avait construit dans ses ateliers un compresseur pouvant graduer les manomètres jusqu'à trois cents kilogrammes. Ce compresseur ne répondant plus aux besoins actuels, M. Edouard Bourdon a dû étudier et construire un outil d'une puissance bien supérieure.

L'appareil exposé était capable d'atteindre en sécurité l'énorme pression de 1.500 kilogrammes par centimètre carré. Son fonctionnement était de la plus grande simplicité. Il était d'ailleurs installé pour une expérience de tous les instants et chacun pouvait le voir et l'étudier dans les détails de sa construction.

Les ateliers de M. Edouard Bourdon se servent chaque jour d'un appareil du même genre mais plus puissant encore que celui de l'Exposition. C'est un compresseur hydraulique permettant de faire les graduations jusqu'à la pression de 3.000 kilogrammes.

Cet appareil spécial était représenté par une série de dessins déposés à l'Exposition.

Il n'avait pu figurer lui-même à cette Exposition à cause de l'emploi fréquent qui en est fait dans les ateliers de M. Bourdon. C'est en effet l'appareil avec lequel sont gradués les manomètres des presses hydrauliques, des compresseurs, des colonnes d'eau de grande hauteur etc., toutes applications courantes et même journalières.

Nous signalerons pour simple relation, diverses applications du tube Bourdon exposées dans la classe 52 par M. Edouard Bourdon. Ces applications se rapportent à des appareils spéciaux dont l'étude et la description seront données dans une autre partie de cet ouvrage. Nous ne les indiquerons ici que comme mémoire.

L'inventeur du manomètre, M. Bourdon père, dès le début de ses études, avait imaginé un grand nombre d'appareils construits sur le principe du tube cintré. Ces appareils ont presque tous été construits par lui, et par M. Edouard Bourdon. Les principaux, qui étaient exposés à l'état de modèles étaient les suivants :

1° Un moteur, 2° une pompe, 3° un tachymètre, 4° deux indicateurs dynamométriques.

Le moteur fonctionne soit par l'air comprimé, soit par le vide. En donnant même au tube cintré une résistance suffisante, il est possible d'employer la vapeur comme force motrice. Il a été fabriqué de ce moteur de petits modèles qui atteignaient une vitesse de plusieurs centaines de tour à la minute. L'appareil est construit sur le principe de l'extrême mobilité du tube cintré sous l'influence des variations de pression.

Dans la pompe, ce sont les variations de capacité que l'on fait subir au tube par l'intermédiaire de deux bielles et d'un levier, qui produisent l'aspiration et le refoulement du liquide.

Le tachymètre se compose d'un tube en verre relié à un tube cintré métallique. — Les deux extrémités du tube cintré sont terminées par une masse pesante. Tout le système étant rempli d'un liquide quelconque, si on lui donne un mouvement de rotation, la force centrifuge écarte les bras du tube cintré qui augmente ainsi de capacité. Le niveau du liquide s'abaisse aussitôt dans le tube de verre. A chaque vitesse de l'appareil correspond un niveau du liquide dans ce tube.

Les indicateurs dynamométriques peuvent servir à relever des diagrammes sur les cylindres de machines à vapeur. Toutefois en considération de la mobilité des branches du tube manométrique ordinaire sous l'influence d'un changement rapide de pression, l'appareil ne peut être employé que pour les machines dont la vitesse ne dépasse pas 70 tours. Il se produit en effet avec cet indicateur, au moment de l'admission dans le cylindre un mouvement de lancée qui, dans une certaine mesure, fausse les résultats.

Quand il s'agit de vitesses supérieures à 70 ou 80 tours, on remplace le tube cintré trop sensible par un tube à section elliptique mais tordu en hélice. Le mouvement de détorsion qui se produit à l'admission dans le cylindre ne donne naissance à aucune indication erronée.

Nous ne pouvons donner ici la liste complète des manomètres de tous systèmes exposés par M. Bourdon. Au reste, ces appareils sont tous construits sur le même principe et ne diffèrent entre eux que par des détails de construction ou par les dimensions suivant les usages auxquels on les destine.

Nous dirons toutefois quelques mots d'un appareil construit par M. Edouard Bourdon depuis plusieurs années, et qui prend de jour en jour une plus grande extension : le manomètre enregistreur à cadran.

Cet appareil, dont on pouvait voir de nombreux modèles en fonctionnement sur les chaudières du service de la force motrice du Palais des Machines, se compose de plusieurs pièces simples : leur fonctionnement est extrêmement facile à comprendre.

On y remarque un tube cintré ordinaire, à section elliptique, l'aiguille et le

cadran divisé d'un manomètre d'usage courant et dans la boîte de ce manomètre, un mouvement d'horlogerie, entraînant dans sa rotation, un cadran horaire.

Sur ce cadran en carton sont tracées à l'avance, des circonférences correspondant chacune à une pression déterminée et une série d'arcs de cercle rayonnants qui figurent les différentes heures du jour et de la nuit ainsi que leurs subdivisions.

Une aiguille dont le mouvement est identique à celui de l'aiguille du manomètre ordinaire se déplace devant le cadran horaire. Cette aiguille porte une pointe humide qui trace sur le carton mobile une courbe de pression. Cette courbe sert à contrôler la marche du générateur et indique à quels instants les variations se sont produites.

L'appareil présente une grande sensibilité et donne des renseignements d'une précision remarquable. Son réglage est pour ainsi dire nul. Il s'agit simplement de placer un cadran chaque jour en mettant en face de la pointe, l'arc correspondant à l'heure où se fait cette opération.

Afin que les résultats indiqués soient semblables entre le cadran ordinaire du manomètre et le cadran enregistreur, l'aiguille indicatrice et le traceur forment une seule et même pièce fixée sur un axe. De cette façon tous leurs mouvements sont solidaires et les pressions indiquées sont exactement transmises. On peut donc se servir de l'un ou de l'autre cadran pour lire la pression à un instant quelconque.

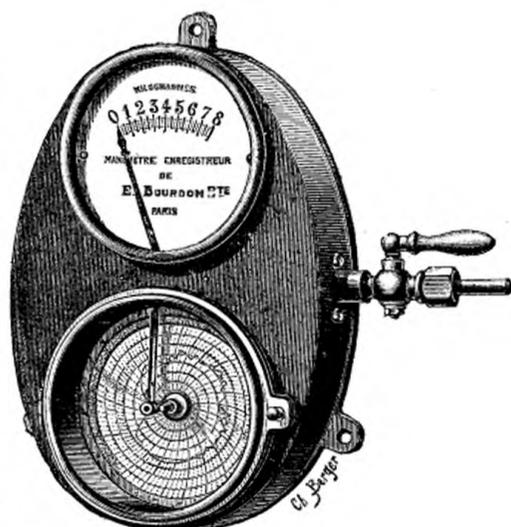


FIG. 1. — MANOMÈTRE ENREGISTREUR

L'appareil entier tient la place d'un manomètre ordinaire. Il n'exige aucun travail spécial de pose et ne réclame pas de soins particuliers. Le mouvement d'horlogerie est aussi robuste que possible. Dans le cas où il se trouverait détérioré par une cause quelconque, on peut facilement le retirer : la marche du manomètre ne subit, de ce fait, aucune modification ni aucune altération.

Presque toutes les installations de générateurs, desservant le Palais des Machines, étaient munis d'un manomètre enregistreur Bourdon. Ce manomètre était branché sur la conduite même, après les valves de prises de vapeur, et les indications en étaient relevées par le service mécanique, auxquels elles restaient comme renseignements sur la marche journalière de chaque groupe.

*Pose des manomètres.* — Bien que l'installation d'un manomètre sur une chaudière ou sur un réservoir ou une conduite de vapeur soit tout à fait simple, il est utile de prendre dans cette opération quelques précautions élémentaires.

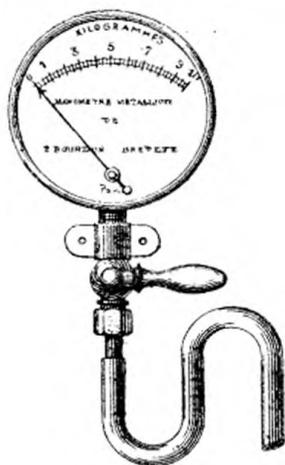


FIG. 2

Dans le cas, par exemple, où le tuyau qui doit établir la communication entre le manomètre et la chaudière se trouve entièrement au-dessous de l'appareil, il est utile de donner à ce tuyau une forme repliée, telle qu'elle est indiquée (fig. 2).

Dans le cas où le manomètre est plus bas que le tuyau d'arrivée de vapeur, on emploie la disposition indiquée (fig. 3).

Ces dispositions sont adoptées par précaution, afin qu'il reste toujours dans la partie du tuyau, voisine du robinet d'entrée au manomètre, un peu d'eau provenant de la vapeur condensée. Par ce dispositif simple, le tube métallique cintré, qui actionne l'aiguille du manomètre n'est jamais en contact direct avec la vapeur. Son élasticité se trouve ainsi conservée à l'abri de toute cause d'altération.

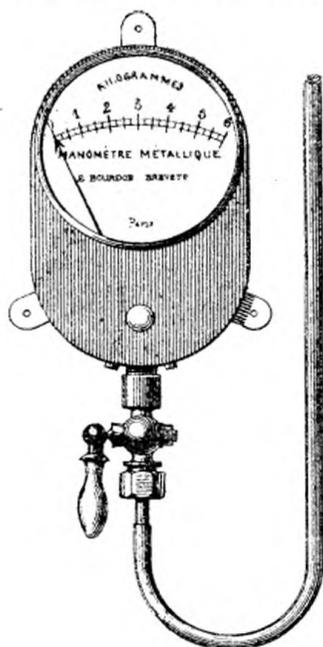


FIG. 3.

Quand on monte un manomètre en le vissant sur un raccord ou sur un robinet, il est essentiel de faire le joint, à la partie inférieure du filetage en A. Si on se contente de faire le joint en B, entre

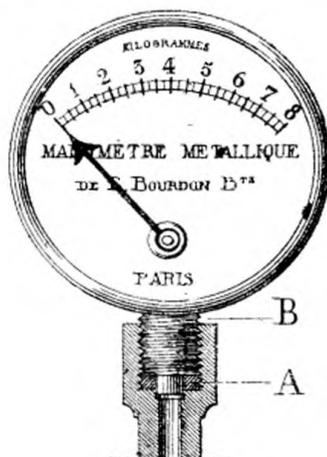


FIG. 4.

la boîte et le raccord du tube, la vapeur pénètre dans l'intérieur de l'instrument et oxyde les pièces du mouvement en gênant le fonctionnement du manomètre.

Dans le cas où l'on soumet un générateur ou un réservoir de vapeur à l'épreuve par la pression hydraulique, il est indispensable de démonter le manomètre pour éviter qu'il soit faussé. Cette précaution est essentielle, car les épreuves se font à une pression double de celle qui est indiquée par le manomètre ordinairement employé.

*Indicateurs de niveau.* — Les indicateurs de niveau à flotteurs, construits par M. Édouard Bourdon, sont basés sur l'emploi d'un axe à rodage conique traversant la paroi de l'appareil.

La première idée de cette disposition est due à M. Bourdon père, qui construisit des indicateurs de niveau, dans lesquels la tige du flotteur agissait librement sur l'aiguille indicatrice, sans avoir à traverser de garnitures en étoupe.

On remarquait, dans l'exposition de M. Bourdon, un indicateur de l'ancien modèle avec grande aiguille et contre-poids extérieur, tel qu'il est encore employé actuellement.

On pouvait voir également un indicateur à cadran circulaire, du nouveau modèle, mais cependant construit sur le même principe que le premier. Cet appareil, récemment breveté, est d'une constitution plus robuste que l'ancien. Aucune pièce n'est d'une délicatesse excessive. L'ensemble est pourtant de la plus grande sensibilité.

Le flotteur et le contre-poids sont à l'intérieur du corps de la chaudière, et l'aiguille se déplace sur un grand cadran émaillé. Les graduations sont très accentuées, et l'aiguille se détache très nettement.

Le sifflet d'alarme, qui fait partie de l'appareil, fonctionne en cas de manque ou d'excès d'eau; enfin, le corps de l'appareil porte un fond démontable qui en permet la visite et l'entretien sans qu'il soit besoin de pénétrer dans la chaudière.

Les deux indicateurs de niveau exposés peuvent être montés sur des colonnes avec soupapes de sûreté du modèle construit par M. Édouard Bourdon. Nous devons dire que ces différents appareils sont exécutés avec les plus grands soins et que leur construction les met à l'abri des avaries de toutes sortes.

Les soupapes sont en bronze, les leviers et les supports sont en fer forgé. Un

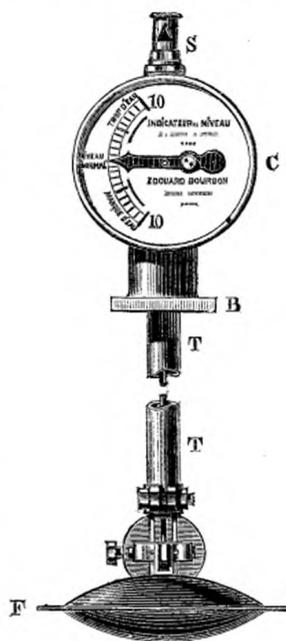


FIG. 5.

INDICATEUR MÉTALLIQUE

grand nombre de ces indicateurs étaient placés sur les générateurs de la cour de la force motrice.

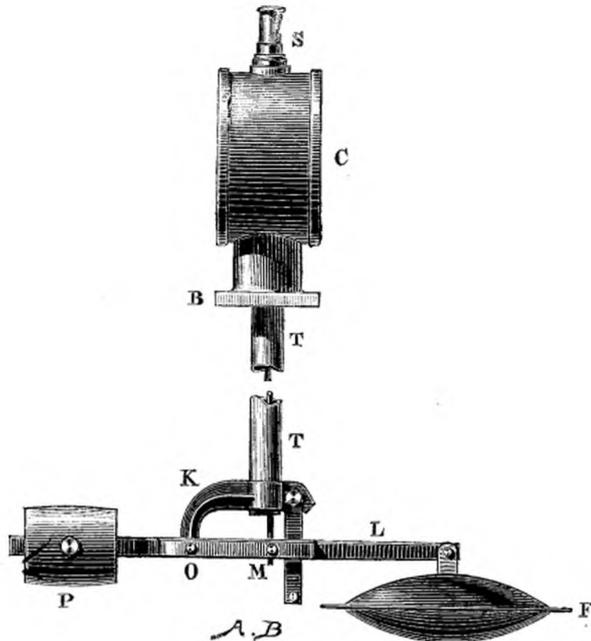


FIG. 6. — INDICATEUR MÉTALLIQUE

Nous donnons, dans le texte de cette note, deux clichés qui en font exactement comprendre le fonctionnement.

*Tubes de niveau sur colonne à distributeur.* — Cet appareil se compose d'une colonne creuse sur laquelle sont fixés les deux robinets de communication avec la chaudière, les branchements de support du tube en verre et à la partie inférieure, un distributeur pour effectuer le débouchage des conduits dans le cas où ils seraient obstrués, et le nettoyage complet du tube lui-même.

Ce distributeur, qui est l'organe intéressant de l'appareil, assure, en résumé l'exactitude des indications du tube en verre, en supprimant les causes d'erreur provenant des obstructions.

Lorsque, dans un niveau d'eau ordinaire, on veut s'assurer que les conduits sont libres, il faut tout d'abord ouvrir le robinet purgeur et fermer ensuite l'un après l'autre les deux robinets de communication. Cette opération, toute simple qu'elle soit, doit être faite avec attention, sous peine de ne rien montrer de ce que l'on désire mettre en évidence.

Quelquefois, celui qui en est chargé, se contente d'ouvrir le robinet de purge.

dans le cas où l'un des conduits serait totalement obstrué, il se produit un écoulement violent; on n'a donc aucune indication précise de l'état dans lequel se trouvent les deux communications du niveau avec la chaudière.

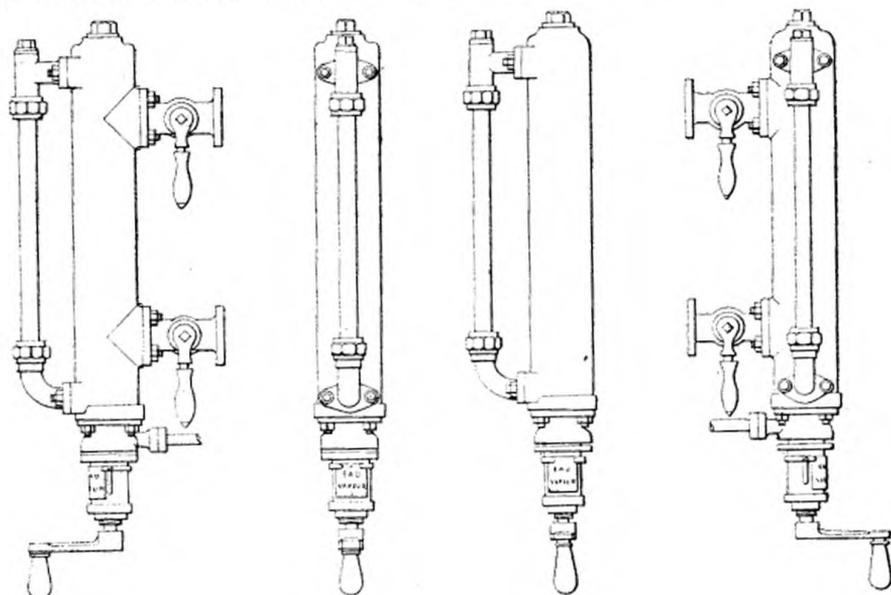


FIG. 7 ET 8. — TUBES DE NIVEAU D'EAU A DISTRIBUTEUR

Le distributeur imaginé par M. Bourdon permet de faire simplement l'opération des purges. Au moyen d'une manivelle à vis disposée dans l'axe et à la partie inférieure de la colonne, les orifices d'arrivée d'eau et de vapeur sont mis successivement en communication avec le tuyau de purge; cette manœuvre peu compliquée permet de les déboucher ou tout au moins de constater qu'ils ne sont pas obstrués.

On a l'indication de l'opération à l'extérieur de l'appareil, au moyen d'une aiguille qui se déplace sur un cadran.

Une disposition particulière a été prise pour que, pendant l'ouverture du distributeur, il se produise deux circulations successives et indépendantes. Ces mouvements d'eau et de vapeur à l'intérieur du tube ont pour effet assuré de nettoyer complètement ce dernier ainsi que l'intérieur de la colonne creuse.

Aussitôt que le distributeur est refermé, les communications du tube avec la chaudière se rétablissent et le niveau de l'eau est immédiatement indiqué dans le tube.

Enfin, il est à remarquer que l'emploi du distributeur atténue dans de nota-

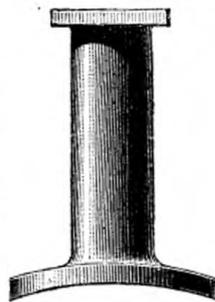


FIG. 9

bles proportions les mouvements d'oscillation de l'eau dans le tube de verre, quand le générateur est en marche.

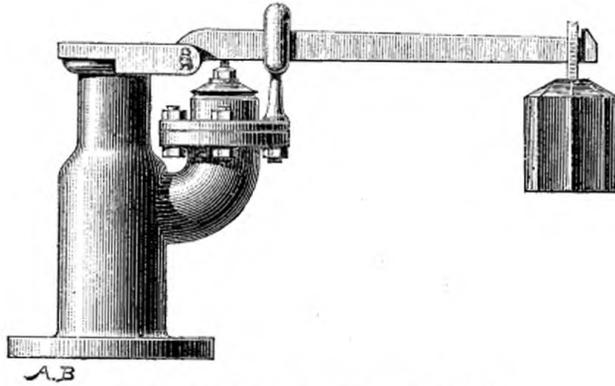


FIG. 10. — SOUPE DE SURETÉ

M. Edouard Bourdon exposait, en outre des appareils que nous venons d'examiner, des graisseurs de divers systèmes.

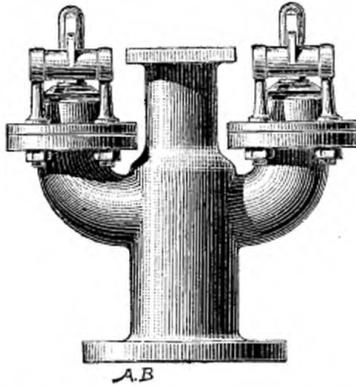


FIG. 11. — SOUPE DE SURETÉ

Nous citerons les graisseurs oléomètres de son invention et de sa fabrication et les graisseurs à pendule, système Leneveu, construits également dans ses ateliers. Ces derniers s'adaptent exclusivement aux têtes de bielles qu'ils lubrifient d'une manière continue au moyen de graisse consistante. Leur étude se rattache donc d'une façon complète à celle des moteurs à vapeur.

Quant aux graisseurs oléomètres, leur montage devant être fait sur tout conduit amenant la vapeur au cylindre, ils peuvent être considérés comme les accessoires

d'une parfaite distribution de vapeur. A défaut d'une complète description de ces appareils leurs dessins et une légende sommaire de ces dessins trouvent donc ici leur place.

Le fonctionnement des graisseurs oléomètres est basé sur le principe d'une colonne d'eau de condensation qui force l'huile à s'écouler d'une façon visible dans un tube en verre rempli d'eau.

Tout en employant l'huile le plus économiquement possible, ils présentent l'avantage d'opérer le graissage d'une façon complète, certaine et visible.

Le graisseur direct est destiné à être monté sur le conduit d'arrivée de vapeur.

Le graisseur d'applique doit être monté contre un support et mis en communication avec la machine par une tuyauterie convenable.

*Légende du graisseur oléomètre à montage direct.*

R Récipient en bronze, de section annulaire, avec orifice au centre pour laisser passer le tuyau K.

F Robinet principal à deux orifices pour l'arrivée de vapeur par le tuyau K et le retour d'huile par le tuyau T.

X Douille à tarauder pour fixer l'appareil.

O Joint tournant à écrou permettant d'orienter l'appareil dans la position convenable.

L Bagues en bois empêchant la chaleur du robinet de se communiquer au récipient.

K Tuyau d'arrivée de vapeur.

I Vis de purge avec raccord.

S Serpentin pour la condensation.

B Robinet introduisant l'eau de condensation dans le récipient.

A Godet à vis pour le remplissage.

N Robinet de vidange.

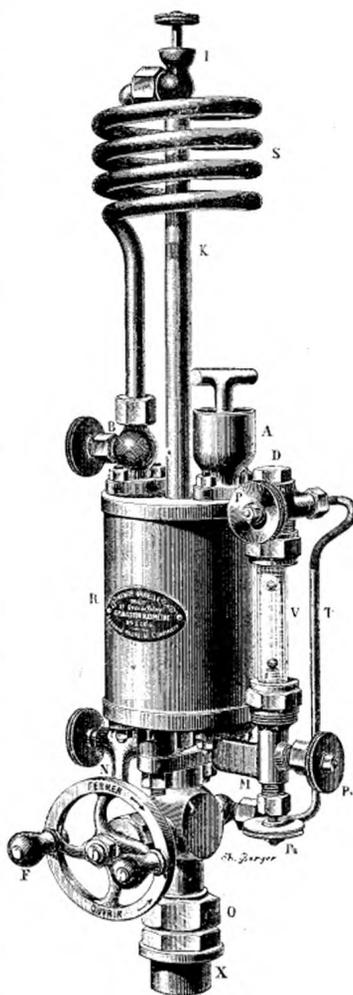
M Robinet distributeur pour l'écoulement. Ce robinet porte deux pointeaux  $P_1$  et  $P_2$ ; lorsque le pointeau horizontal  $P_1$  est ouvert, c'est de l'huile qui s'écoule dans le tube en verre; lorsque, au contraire, le pointeau vertical  $P_2$  est ouvert, c'est de l'eau qui arrive dans le tube.

V Tube en verre plein d'eau dans le quel montent les gouttes d'huile.

P Vis à pointeau pour l'arrêt de l'écoulement de l'huile.

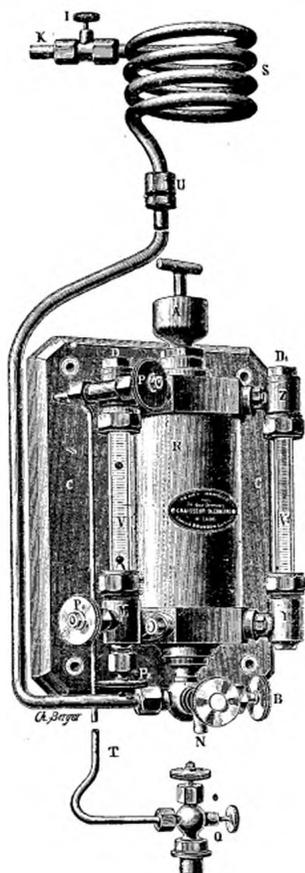
D Bouchon démontable permettant de nettoyer ou de remplacer facilement le tube en verre.

T Tuyau conduisant l'huile à l'orifice du robinet F.

*Légende du graisseur oléomètre à appliqué.*

R Récipient principal en bronze.

K Tuyau d'arrivée de vapeur.



- I Vis de purge avec raccord de jonction.  
 S Serpentin pour la condensation.  
 U Raccord de jonction.  
 L Tuyau d'arrivée d'eau.  
 B Robinet à vis pour l'introduction de l'eau dans le graisseur.  
 N Robinet à vis pour la vidange du récipient.  
 A Godet à vis pour le remplissage du récipient.  
 M Robinet distributeur pour l'écoulement. Ce robinet porte deux pointeaux  $P_1$  et  $P_2$ ; lorsque le pointeau horizontal  $P_1$  est ouvert, c'est de l'huile qui s'écoule dans le tube en verre; lorsqu'au contraire le pointeau vertical  $P_2$  est ouvert, c'est de l'eau qui arrive dans le tube.  
 V Tube en verre plein d'eau dans lequel montent les gouttes d'huile.  
 P Robinet à vis pour l'arrêt de l'écoulement de l'huile.  
 T Tuyau pour le départ de l'huile.  
 V' Tube en verre indiquant le niveau de l'huile dans le récipient R.

Un grand nombre d'applications ont été faites de ces graisseurs oléomètres surtout dans le cours de ces dernières années. La plupart des machines motrices du Palais des Machines en étaient pourvues.

*Robinet-valves à fermeture sphérique.* — M. Edouard Bourdon exposait quelques spécimens des robinets qu'il emploie dans la fabrication courante de ses appareils.

La particularité de ces robinets réside dans les formes du clapet et du siège qui opèrent la fermeture. Le clapet est une portion de sphère et le siège, un tronc de cône dont la base est un peu plus grande que le diamètre de la sphère.

Quand le clapet est poussé par la vis de manœuvre, il vient se forcer sans grippement dans le tronc de cône et fait obturation complète.

M. Edouard Bourdon construit sur ce modèle des robinets capables de résister aux plus fortes pressions (3000 kilogrammes par centimètre carré) et aussi

des valves pour l'eau et la vapeur. Un faible effort sur le volant de manœuvre de ces appareils suffit à assurer l'étanchéité de la fermeture.

L'exposition de M. Bourdon était complétée par une série de trois dynamomètres, dont l'un était du nouveau système imaginé par M. Leneveu, capitaine d'artillerie et les deux autres du modèle créé par M. Bourdon père ; on y remarquait enfin l'appareil Manet pour mesurer directement les modifications de longueur des barres soumises à des efforts, ainsi que le sens et l'intensité et ces efforts, et divers modèles de paliers graisseurs.

Nous devons reconnaître que M. Edouard Bourdon avait su grouper dans son exposition de la classe 52 les appareils les plus intéressants. Son exposition de manomètres était aussi complète que possible. Dire de lui qu'il est passé maître dans cette construction spéciale n'est pas un compliment, ce n'est que l'expression exacte de la vérité.

Ajoutons pour terminer que cet exposé, déjà d'une certaine longueur, est encore trop court pour relater d'une façon complète tous les appareils construits par M. Bourdon, ses créations sont à ce jour, en nombre considérable et chacune d'elles est un véritable progrès dans la mécanique générale.

---

## APPAREILS ACCESSOIRES DE GÉNÉRATEURS

(Maison Muller & Roger, à Paris)

(Planches 31-32)

---

Les appareils de la maison Muller et Roger, à Paris, figuraient à l'Exposition dans la classe 52. Ils comprenaient un grand nombre de pièces de robinetterie pour vapeur, eau et gaz, ainsi que divers spécimens des accessoires de chaudières ou de canalisations de vapeur, les plus construits par la maison et les plus nouveaux.

La maison Muller et Roger (anciennement Broquin et Lainé, Thiébaud et fils, Bergès et fils, puis Broquin, Muller et Roger) possède une réputation spéciale en ce qui touche le travail des bronzes phosphoreux et manganophosphor. Ces deux qualités de bronze forment pour ainsi dire l'élément principal de la construction des appareils courants de la maison Muller et Roger.

Il est reconnu par le fait des analyses fréquentes qu'on a fait subir à ces alliages dans des conditions diverses, que le phosphore introduit dans les mélanges de cuivre et d'étain, élimine les oxydes, dont la seule présence est un danger au point de vue de la sécurité présentée par les appareils. Le phosphore donne également au métal une plus grande homogénéité et par suite un grain plus serré.

Le bronze phosphoreux employé par la maison Muller et Roger se travaille facilement. Il présente à la rupture et à l'usure une résistance beaucoup plus considérable que les bronzes ordinaires de cuivre et d'étain.

Suivant l'usage auquel il est destiné, le bronze phosphoreux change de composition.

L'alliage n° 1 est le plus dur ; il convient pour les pièces soumises à des frottements énergiques, mais il résiste mal aux chocs.

L'alliage n° 2 est plus malléable. Il résiste bien aux efforts de traction, mais s'use rapidement au frottement.

Le premier de ces alliages est employé pour les coussinets de wagons et wagonnets, tiroirs de distribution, douilles, crapaudines, etc.

Le deuxième, pour les pièces soumises à des efforts de traction ou de flexion, sert dans la fabrication des engrenages, pignons, écrous, tiges de piston, etc.

Les divers appareils exposés dans la classe 52 (Palais des Machines) par la maison Muller et Roger peuvent être divisés en cinq catégories bien distinctes.

1° Les appareils de robinetterie proprement dits, employés pour les générateurs et pour les canalisations de vapeur (valves et robinets de tous systèmes).

2° Les appareils d'alimentation pour générateurs de vapeur (pompes alimentaires et injecteurs).

3° Les appareils d'indication, de contrôle et de sûreté applicables aux générateurs, ainsi que les accessoires divers des canalisations de vapeur.

4° Les graisseurs de divers systèmes pouvant être montés directement sur les canalisations.

5° Les appareils de fumisterie industrielle.

Nous allons passer en revue ces cinq catégories d'appareils en nous arrêtant à la description des plus intéressants ou des plus nouveaux.

## I. — ROBINETS ET VALVES DE PRISES DE VAPEUR

Dans cette première catégorie, nous mentionnerons :

1° Les robinets à boisseau ordinaire. — Les robinets sont construits quant à la résistance qu'ils doivent présenter, en trois séries. Ils sont tous complètement en bronze ou complètement en fonte.

Les robinets de la série forte, en bronze, présentent sous un poids réduit l'avantage d'avoir une épaisseur de boisseau suffisante pour supporter un grand nombre de rodages, réalésages et changements de clés. Ces appareils sont spécialement employés pour les canalisations de vapeur à forte pression. Ils sont d'un long usage et présentent une grande sécurité. La section de passage du fluide à travers la clé est légèrement supérieure à celle de l'orifice ; il ne peut ainsi se produire aucun laminage de vapeur.

Afin de conserver en bon état les surfaces frottantes de ces robinets, la maison Muller et Roger a créé une graisse spéciale à base de caoutchouc qui donne un frottement très doux et empêche le grippage en prolongeant la durée de l'appareil.

Les robinets de deux séries légères conviennent plutôt pour les canalisations de vapeur à basse pression et pour les conduites d'eau en faible charge.

Les robinets à boisseau ordinaire sont construits quelquefois tout en fonte de fer, ou avec le boisseau seul en fonte de fer et la clé en bronze. Quant tout l'appareil est en fonte de fer, il convient surtout pour les usines de fabrication de produits chimiques, les liquides acides, encres, mélasses, etc.

2° Les robinets à boisseau foncé. — Ces appareils ne présentent jamais de fuite apparente de vapeur. La clé est terminée à la partie supérieure par un prolongement cylindrique dans l'axe duquel se trouve le carré de manœuvre. La partie cylindrique est d'un diamètre inférieur à celui du haut de la partie

conique du boisseau. Entre ce boisseau et le haut de la clé est interposée une bague faisant l'office de presse-étoupes et reliée au corps du boisseau par deux boulons. La garniture se fait comme celle des presses-étoupes ordinaires. Jusqu'à concurrence de 30 millimètres d'orifice, le chapeau du presse-étoupes est à six pans et vissé sur le corps du robinet ; au-dessus, il est à brides et relié au boisseau par des goujons en fer, comme il a été dit plus haut.

Ces robinets présentent une grande sécurité. Ils sont d'une manœuvre facile et évitent les chances d'accidents présentées par les robinets ordinaires lorsqu'on vient à desserrer l'écrou inférieur pour donner du jeu à la clé.

L'emploi des robinets à boisseau foncé se généralise de plus en plus. Ils sont construits sur divers modèles, soit à deux brides, soit à douilles, à raccords, à deux ou trois voies, etc.

3° Les robinets-valves à soupapes. — Ces appareils sont aujourd'hui très employés dans les installations de canalisations de vapeur et ils ont reçu de nombreuses applications comme prises directes de vapeur sur les générateurs. Le robinet-valve à soupape, construit par la maison Muller et Roger, a reçu un grand nombre de perfectionnements dans le cours de ces dernières années. Il est devenu l'un des appareils de robinetterie les plus pratiques et les plus avantageux.

La garniture de la tige du volant de manœuvre présente l'avantage de pouvoir se faire en marche, sous pression, le robinet étant indistinctement ouvert ou fermé. Dans ce but, la tige qui porte le clapet présente, à sa partie inférieure, un cône qui vient reposer hermétiquement dans un logement ménagé à la partie inférieure du chapeau et empêche par conséquent toute fuite de vapeur.

Les sections d'entrée et de sortie du fluide sont tenues plus grandes que celles du clapet. Elles ne présentent aucun étranglement capable de laminier la vapeur. La circulation se fait donc dans d'excellentes conditions.

Le démontage des robinets à soupapes peut se faire très facilement. Les écrous à desserrer se présentent aisément, le corps du robinet étant absolument droit.

La soupape de fermeture est rattachée à la tige principale au moyen d'un écrou fileté et goupillé. Cette soupape, par suite des guides qui sont donnés à la tige de manœuvre ne peut se déplacer que suivant l'axe du siège sur lequel elle est rodée et ajustée ; il n'y a donc aucune probabilité qu'elle vienne à se coïncider en s'appliquant à faux sur le siège.

La maison Muller et Roger construit ces robinets avec tige, soupape et siège en bronze phosphoreux.

Certains modèles sont munis de clapets à garniture de cuir ou de caoutchouc ; ils sont alors employés pour des canalisations d'eau froide ou chaude.

Dans la disposition à clapet indépendant, ou clapet battant, le clapet est libre sur la tige qui lui sert seulement de guide, mais qui, en faisant effort sur lui en effectue la fermeture, ou l'ouverture dans le mouvement inverse.

Le même robinet à soupape est construit à vis intérieure ou extérieure. Dans le premier cas, c'est le chapeau de l'appareil qui sert d'écrou. Dans le second, le chapeau supporte, soit deux colonnettes réunies par une bride formant écrou soit une arcade en fonte de fer remplissant le même office.

On peut aussi exécuter ces robinets à volant fixe, formant lui-même écrou de la vis de manœuvre. Dans ce dernier cas, la partie de la tige qui reste au-dessus du volant porte une graduation apparente qui permet de voir de quelle quantité le robinet est ouvert.

4° Les robinets dits « Peet-Valves ». Dans cet appareil, la fermeture s'opère au moyen de deux disques plans et parallèles, et d'un coin qui se trouve entre eux, en les forçant de s'appliquer exactement sur les faces tournées qui leur servent de sièges. Les deux disques sont guidés, dans leur mouvement commun, par des rainures latérales disposées de façon à éviter tout frottement pendant la manœuvre du robinet.

Ce système particulier de valve de prise de vapeur assure une étanchéité complète. La dilatation que produit la température élevée de la vapeur ne fait qu'augmenter cette étanchéité. En plus de cet avantage appréciable, l'appareil présente également celui de fournir à la vapeur un passage droit sans étranglement.

Le robinet dit « Peet-Valve », pour une section d'écoulement donnée, est d'un poids très faible et d'un volume relativement restreint.

En cas de fuite, la réparation est assez simple, il s'agit seulement de relever les deux disques et de les dresser sur un marbre à l'aide du grattoir.

5° Le robinet à action directe, système Pile. — Dans cet appareil, le principe de la fermeture consiste simplement en un tiroir obturateur, que deux plans inclinés font parfaitement appliquer sur son siège.

La manœuvre est très douce, même quand le robinet a des dimensions considérables.

Le tiroir obturateur est conduit entre deux guides rigoureusement parallèles qui le maintiennent sans aucune déviation, dans quelque sens que soit placé le robinet. Cette disposition particulière permet l'application de l'appareil aux conduites pour tous fluides : vapeur, eau, gaz, sirops, jus, mélasses, goudrons, brais, etc.

Le robinet à action directe, système Pile, est construit, soit à brides parallèles, soit à brides d'équerre. La maison Muller et Roger, dans sa fabrication, emploie soit la fonte et le bronze, soit l'un ou l'autre exclusivement.

Il est construit de cet appareil un modèle à vis intérieure et un modèle à vis extérieure. Dans le second cas, c'est le prolongement du chapeau qui est fileté. Le volant forme écrou et supporte une arcade faisant corps avec lui, et reliée à la partie supérieure avec la tige du tiroir obturateur.

Le robinet à action directe, système Pile, présente l'avantage de fournir une

admission directe de vapeur, à section proportionnelle au nombre de tours du volant. L'étanchéité de l'appareil, quand le tiroir est fermé, ne laisse rien à désirer. Au reste, le démontage en est facile, et la vérification peut être faite aisément, en ce qui concerne les organes essentiels.

L'entretien du robinet à action directe, système Pile, se réduit à peu de chose. Dans le cas où une fuite viendrait à se déclarer, il suffit de dresser le tiroir et son siège au marbre, ce qui n'exige pas d'outils spéciaux ni compliqués. Cette réparation peut être faite dans le premier atelier venu.

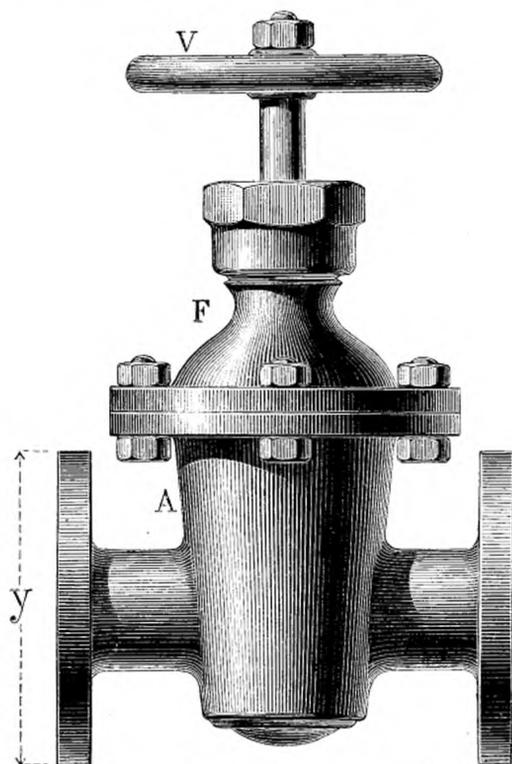


FIG. I. — ROBINET BROMULGER, VUE EN ÉLÉVATION

La maison Muller et Roger construit quatorze grandeurs du robinet à action directe, système Pile, entièrement en bronze. Ces quatorze modèles peuvent être montés sur des canalisations de vapeur de 30 à 100 millimètres de diamètre. Elle construit, en outre, vingt-quatre grandeurs du même appareil, en fonte et bronze, pour des diamètres d'orifice variant de 50 à 360 millimètres.

6° Le robinet à clef folle et à section directe, dit « Robinet Bromulger. » --

Cet appareil, dont nous donnons une vue en élévation, et une vue en coupe longitudinale, présente une série de dispositions spéciales qui en font un accessoire très pratique et très avantageux dans une distribution de vapeur.

Ainsi que dans tous les systèmes de robinets à clef folle, le passage de la vapeur est direct et sans étranglement ni laminage. La clef est renforcée par de solides nervures qui s'opposent absolument à toute déformation. Le guidage est simplement assuré par la présence de ces nervures et par les talons renforcés de la tige. Il n'exige pas de guide-tiges susceptibles de se rompre en compromettant le mouvement de l'appareil.

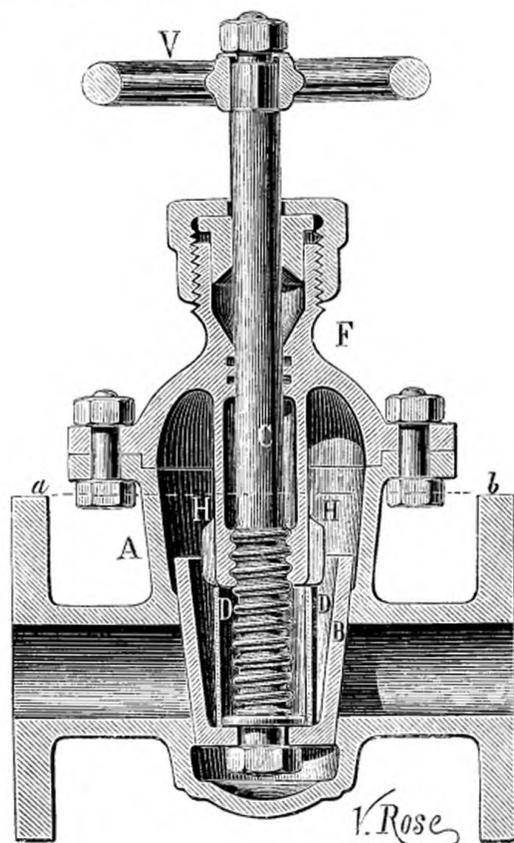


FIG. 2. — ROBINET BROMULGER, COUPE TRANSVERSALE

La construction de ce robinet à clef folle est très soignée. Le travail d'ajustage ne laisse rien à reprendre. Le rodage de la clef dans son logement assure l'étanchéité la plus complète ; les chances de fuites sont à peu près nulles. Le robinet « Bromulger » se manœuvre très facilement et peut fonctionner à de hautes pressions en toute sécurité. Les épaisseurs de métal sont très fortes ;

les brides terminales sont établies, soit à la façon ordinaire, soit avec drageoirs ou emboîtages pour joints prisonniers.

L'ouverture du robinet est visible du dehors, puisque le volant monte avec la tige. La garniture du presse-étoupes supérieur de la tige de la vis est soustraite d'une façon absolue à l'action de la vapeur. Il en est de même de la vis elle-même, toujours emprisonnée dans son écrou. Il ne peut se produire de cette façon aucune désagrégation des garnitures, et par suite aucune fuite de vapeur.

La liaison de la tige de manœuvre et de la clef folle ayant lieu au-dessous du centre de gravité de cette clef, il n'y a aucune chance de coïncement, et la fermeture est complète.

Dans les figures qui accompagnent le texte de cette note, A est le boisseau du robinet; B est la clef nervée; C, la vis à deux filets pour la manœuvre de la clef; D, les guides de la clef formant nervures; F, le chapeau du robinet surmonté du presse-étoupes et du raccord fileté; H, les taquets de guidage; enfin V, le volant de manœuvre.

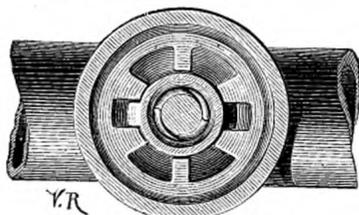


FIG. 3. — ROBINET<sup>2</sup> BROMULGER  
COUPE HORIZONTALE DE LA CLEF

La maison Muller et Roger, qui construit seule ce système de robinet, en a établi une série de onze grandeurs pour des orifices d'écoulement variant de 20 à 100 millimètres de diamètre.

## II. — APPAREILS D'ALIMENTATION

La maison Muller et Roger construit les deux sortes d'appareils alimentaires employés dans l'installation des générateurs, savoir : les pompes et les injecteurs.

Elle construit également divers appareils accessoires de l'alimentation des chaudières. Nous allons mentionner les plus importants :

Nous rangerons, dans la catégorie qui nous occupe les appareils suivants :

1° *Les pompes alimentaires.* — La maison Muller et Roger en construit de diverses formes, soit en bronze phosphoreux exclusivement, soit en fonte et bronze, horizontales ou verticales. Elles sont toutes à piston plongeur et à clapets métalliques.

Un faux piston en fonte est relié au piston en bronze au moyen d'une clavette en fer. Ce faux piston permet le débrayage instantané de la pompe. Les boîtes à clapets sont toujours en bronze; elles sont réunies au corps principal

de la pompe au moyen de boulons ; elles ne font jamais corps avec lui ; cette disposition permet le démontage et facilite l'entretien et les réparations des boîtes et des clapets eux-mêmes. La visite des clapets peut se faire simplement en dévissant le chapeau des boîtes.

2° *Clapets de retenue.* — Le décret du 30 avril 1880 prescrit de placer un clapet de retenue sur la conduite de refoulement des pompes alimentaires.

La maison Muller et Roger construit plusieurs types de ces appareils. Dans ces divers types, le clapet est guidé bien verticalement de bas en haut suivant l'axe du siège sur lequel il doit venir reposer. Ce guidage est obtenu par une tige centrale ; toute chance de coïncement ou de rupture est ainsi écartée. Le chapeau de l'appareil est réuni au corps principal de la boîte à clapet par des boulons. La visite intérieure en est donc très facile. Les sections d'entrée et de sortie de l'eau sont plus grandes que celles de l'orifice, de manière à éviter tout étranglement. De même la levée du clapet correspond à une section d'écoulement plus grande que la section présentée par la couronne du siège.

On obtient de cette manière un fonctionnement aussi régulier que possible, n'amenant ni chocs, ni vibrations.

3° *Soupapes de sûreté pour pompes alimentaires.* — Ces appareils, trop connus pour trouver ici une description, ne sauraient trop se recommander comme accessoires d'une parfaite alimentation. La soupape de sûreté se place sur la conduite de refoulement des pompes ; sa présence évite la rupture des tuyaux de refoulement et des réservoirs d'air, quand, par suite d'une négligence du chauffeur, le robinet d'alimentation n'a pas été ouvert au moment de la mise en route du cheval alimentaire ; elle indique, de plus, si le tuyau de refoulement de la pompe se trouve obstrué d'une façon quelconque : dans ce cas, l'eau s'échappe avec violence par la tubulure de sortie. Enfin, la soupape de sûreté évite d'une manière générale tous les accidents qu'un excès de pression peut produire dans les conduites. Dans les installations complètes, la tubulure de sortie de la boîte à clapet porte un tuyau qui renvoie l'eau évacuée accidentellement, à la bêche d'alimentation.

4° *Injecteurs.* — La maison Muller et Roger construit ces appareils, soit entièrement en bronze, soit en fonte, avec garniture en bronze ordinaire ou en bronze phosphoreux.

Dans l'injecteur fonte et bronze du modèle horizontal, l'enveloppe principale est en fonte, les tuyères et les aiguilles en bronze ; les contre-bridés sont dressés au tour, les boulons tournés et parfaitement ajustés dans les ouvertures correspondantes ; le robinet de vapeur est entièrement en bronze.

La maison Muller et Roger construit de ce type huit modèles distincts pour l'alimentation des générateurs d'une puissance vaporisatrice de 150 à 3,000 kilogrammes à l'heure.

Ces huit modèles sont caractérisés par les données principales condensées dans le tableau suivant :

PUISSANCE DU GÉNÉRATEUR	DIAMÈTRE de la plus petite tuyère	Production de l'eau par minute et à la pression de 4 atmosphères	Diamètres des tuyaux pour la vapeur et l'eau
15 chevaux	2 millim.	7 litres	15 millim.
30 —	3 —	15 —	15 —
50 —	4 —	25 —	20 —
75 —	5 —	50 —	26 —
115 —	6 —	75 —	33 —
150 —	7 —	120 —	39 —
200 —	8 —	200 —	46 —
300 —	9 —	300 —	55 —

La figure ci-contre représente le modèle horizontal de l'injecteur entièrement en bronze. Cet injecteur se construit pour les générateurs d'une production ho-

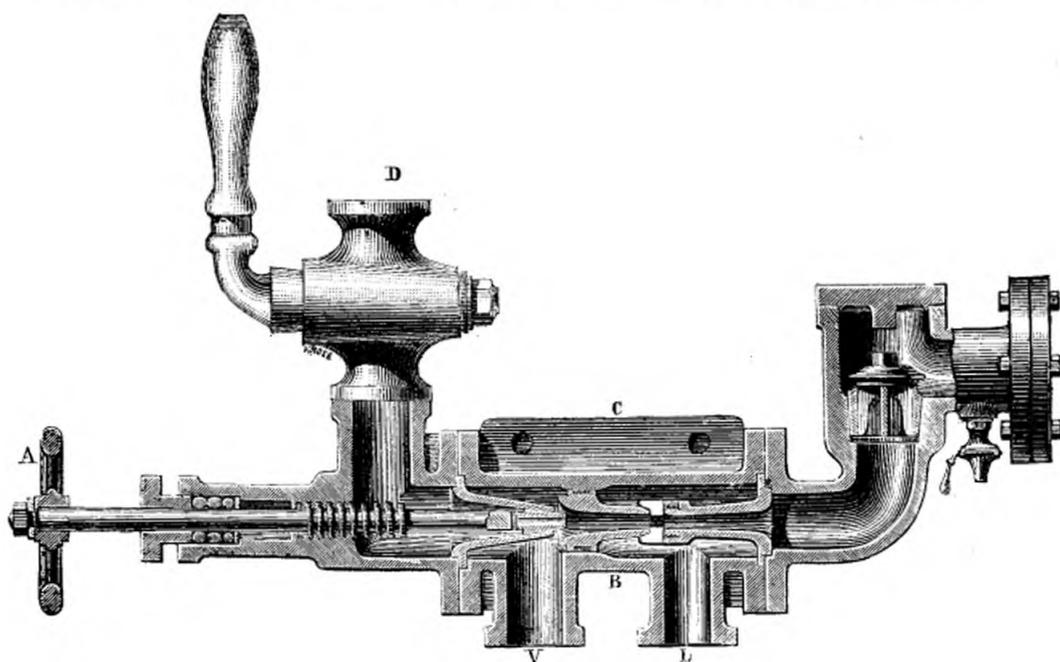


FIG. 4. — INJECTEUR MODÈLE HORIZONTAL

raire maxima de 750 kilogrammes de vapeur. Le système est absolument identique à celui de l'appareil précédemment signalé. Son fonctionnement est des

plus simples. Pour le mettre en marche, il suffit de tourner le volant A jusqu'à ce que la tige régulatrice porte bien au fond de la tuyère, puis d'ouvrir le robinet de vapeur D; enfin, de ramener, au moyen du volant A, la tige en arrière, jusqu'à ce qu'il ne sorte plus d'eau en L.

L'emploi de ces injecteurs nécessite de l'eau d'alimentation dont la température n'excède pas 40 degrés centigrades.

La maison Muller et Roger construit de ce dernier type d'injecteur quatre grandeurs principales, dont les données importantes sont condensées dans le tableau ci-après :

PUISSANCE DU GÉNÉRATEUR	DIAMÈTRE de la plus petite tuyère	Production d'eau par minute et à la pression de 4 atmosphères	Diamètres des tuyaux pour la vapeur et l'eau
15 chevaux	2 millim.	7 litres	15 millim.
30 —	3 —	15 —	15 —
50 —	4 —	25 —	20 —
75 —	5 —	50 —	26 —

L'injecteur fonte et bronze du modèle vertical ne diffère des deux précédents que par la disposition relative de ses organes.

A est le volant servant à manœuvrer la tige à vis formant aiguille à son extrémité;

B, la coquille cylindrique en fonte, renforcée par une nervure C;

D, le robinet d'arrivée de vapeur;

V, le tuyau d'aspiration de l'eau;

L, le tuyau de purge et de trop plein;

S, la boîte à clapet empêchant l'eau de sortir du générateur quand l'appareil ne fonctionne pas.

Pour mettre cet injecteur en marche, on procède d'une façon semblable à celle adoptée pour les autres systèmes :

1° On tourne le volant A jusqu'à ce que la tige régulatrice porte parfaitement à fond;

2° Le robinet de vapeur étant ouvert, on ramène, au moyen du volant A, la tige en arrière jusqu'à ce qu'il ne sorte plus d'eau en L.

Pour arrêter le fonctionnement de l'injecteur, il suffit de fermer le robinet de vapeur D.

Si l'eau arrive à l'injecteur sans qu'il soit besoin d'en produire l'aspiration, on commence toujours par mettre la tige régulatrice à fond; on ouvre ensuite

le robinet de prise d'eau, puis celui de vapeur, et on règle avec le volant A jusqu'à l'arrêt de l'écoulement de l'eau en L.

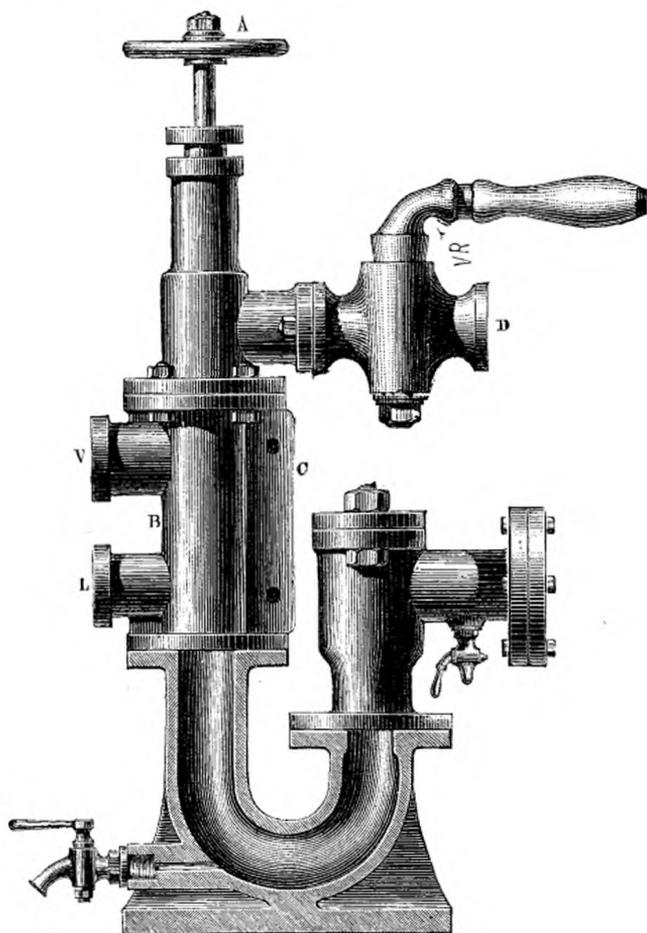


FIG. 5. — INJECTEUR, MODÈLE VERTICAL

Avant l'ouverture du robinet d'eau, il est utile d'ouvrir un instant le robinet de vapeur pour permettre à l'eau de condensation, restant dans l'appareil, de s'échapper par le trop-plein. Il faut toutefois refermer ce robinet de vapeur et opérer comme il a été dit plus haut.

La maison Muller et Roger construit un type spécial d'injecteur aspirant, entièrement en bronze, avec aiguille à clapet et régulateur d'arrivée d'eau.

Cet appareil, dont nous donnons ci-contre une vue en élévation et une coupe longitudinale, permet de supprimer les robinets de prise de vapeur. Dans ce but, la tige filetée, qui se termine par l'aiguille régulatrice, porte un clapet conique

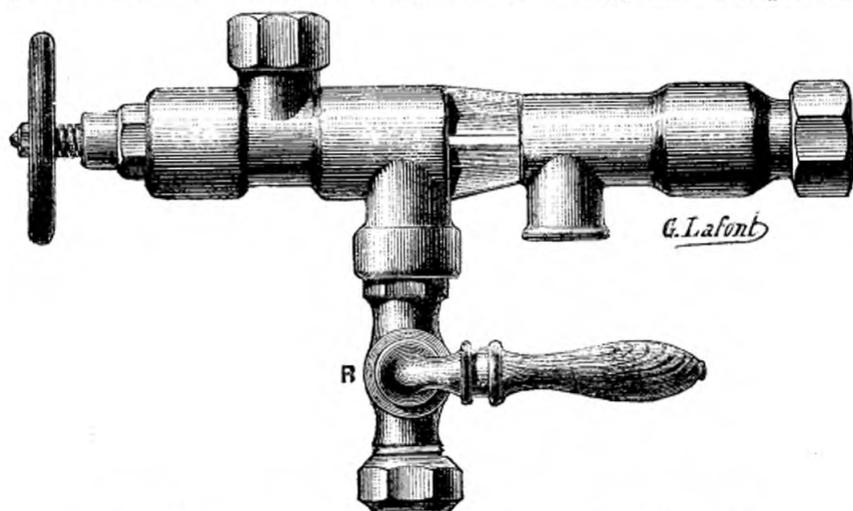


FIG. 6. — INJECTEUR ASPIRANT, VUE EN ÉLÉVATION

qui peut s'appuyer sur un siège parfaitement rodé; quand on ramène la vis en arrière pour dégager l'aiguille de la tuyère, le clapet s'écarte de son siège et la vapeur peut pénétrer dans l'appareil.

Ce dispositif supprime une phase de la manœuvre de l'injecteur, puisqu'il suffit, pour obtenir le fonctionnement de l'appareil, de ramener l'aiguille en arrière et de régler l'arrivée d'eau au moyen du robinet R, qui communique, soit avec la conduite d'eau, soit avec la bêche d'alimentation.

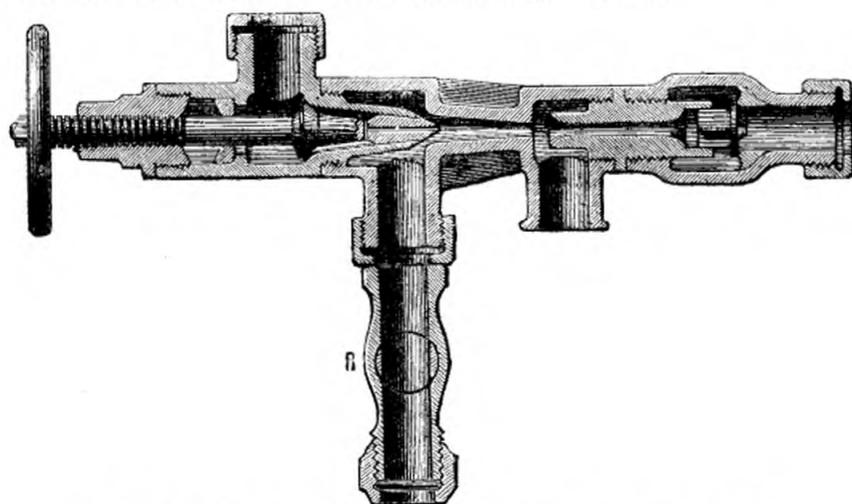


FIG. 7. — INJECTEUR ASPIRANT, COUPE LONGITUDINALE.

L'injecteur aspirant, construit par la maison Muller et Roger, peut être in-

stallé indistinctement dans le sens vertical ou dans le sens horizontal. Les raccords de tuyauterie peuvent être remplacés par des brides de toutes formes. Enfin, bien que l'appareil soit plutôt destiné à alimenter avec aspiration de l'eau d'alimentation, il peut fonctionner avec de l'eau en charge et donne d'aussi bons résultats.

Il a été créé, de l'injecteur aspirant, trois types principaux pour l'application à des générateurs de 15, 30 et 50 chevaux. Pour chacune de ces trois grandeurs, le diamètre de la plus petite tuyère est respectivement 2, 3 et 4 millimètres; celui des tuyaux pour l'arrivée de la vapeur et de l'eau est de 15 et 20 millimètres. Enfin, la production d'eau par minute, sous la pression de 4 atmosphères, est de 7, 15 et 25 litres.

5° *Bâches d'alimentation.* — L'eau d'alimentation des générateurs doit, pour la régularité du fonctionnement de l'installation, conserver dans la bache où elle est mise en réserve un niveau sensiblement constant. A cet effet, on construit depuis longtemps un robinet à flotteur disposé sur l'arrivée de la conduite d'eau à la bache.

Il existe un grand nombre de ces appareils dans toutes les usines. La maison Muller et Roger en a créé un type spécial qui nous paraît être d'une sensibilité et d'un fonctionnement très satisfaisants.

La particularité porte sur la possibilité du fonctionnement de l'appareil, même avec de l'eau arrivant sous les plus fortes charges. Jamais le robinet n'a à vaincre la pression de cette eau; à cet effet, la soupape commandée par le levier du flotteur est reliée à une tige portant à la partie supérieure un petit piston en cuir embouti; ce piston se meut dans un cylindre communiquant avec l'arrivée d'eau et présente une section égale à celle du siège de la soupape. Le système est ainsi équilibré, l'effort de l'eau sur la soupape détruisant un effort égal sur le petit piston. La sensibilité présentée par l'appareil est encore augmentée par la présence d'un double système de leviers reliant le flotteur à boule à la tige du clapet d'entrée.

Quand il s'agit d'une alimentation à l'eau chaude, le petit piston compensateur, au lieu d'être construit en cuir embouti, est constitué par un anneau de caoutchouc spécial.

La série de ces dispositions particulières qui, en fait, se réduisent à peu de chose, permet de n'employer qu'une boule et un levier de poids relativement restreints.

6° *Barbotteurs.* — Afin d'élever la température de l'eau d'alimentation avant son entrée à la chaudière, il est bon de faire passer dans la bache ou dans un réservoir spécial, soit la vapeur d'échappement d'une machine, soit la vapeur prise directement à la chaudière.

Le meilleur moyen d'utiliser le calorique de la vapeur employée est de faire barbotter cette vapeur dans l'eau.

La maison Muller et Roger, construit dans ce but un appareil spécial, dit « barboteur. » Cet appareil est entièrement en bronze. Il se place au point le plus bas du liquide à chauffer, c'est-à-dire sur le fond du réservoir ou de la bêche d'alimentation.

Le barboteur signalé se compose d'une sorte de trompe ou tube évasé ayant sa petite base à la partie inférieure. L'arrivée de vapeur se fait au bas de l'appareil par un ajutage conique qui débouche à la base du tube évasé. L'écoulement rapide de la vapeur a pour effet de produire un appel d'eau froide entre l'ajutage et la base du gros tube. Le chauffage de l'eau est donc mécanique. Il a lieu en vertu d'une circulation établie par le mouvement de la vapeur elle-même.

La dépense occasionnée par le fonctionnement d'un semblable appareil est pour ainsi dire insignifiante. L'effet produit est de beaucoup plus rapide qu'avec les barboteurs ordinaires. Enfin, son fonctionnement présente l'avantage de ne point occasionner le bruit ordinaire de la vapeur se condensant dans l'eau froide.

7° *Hydromètre.* — Lorsque le réservoir où l'on puise de l'eau d'alimentation est situé à une grande distance du générateur, il est utile de connaître la hauteur de l'eau dans ce réservoir. Il existe, dans ce but de nombreux appareils, dont certains sont extrêmement ingénieux. Quelques-uns sont mis en marche par des transmissions de mouvements électriques. On en verra la description dans une autre partie de cet ouvrage.

La maison Muller et Roger construit, dans le but de donner la hauteur de l'eau à distance un appareil désigné sous le nom d'hydromètre. C'est une cloche ordinairement en fonte, et disposée au fond du réservoir d'eau. Cette cloche est remplie d'air et reliée par un tube à un cadran de manomètre. L'air renfermé dans l'appareil se trouve comprimé en raison directe de la hauteur et de la densité du liquide. Comme l'un de ces deux facteurs est en général constant, la pression varie proportionnellement à l'autre. Les graduations du cadran permettent donc de lire la hauteur du liquide dans le réservoir.

L'installation exige toutefois la pose d'un tuyau d'une grande longueur. L'application de l'appareil est pour cette raison limitée à quelques cas spéciaux.

8° *Reniflard.* — Cet appareil se place sur les conduites ordinairement soumise à une pression intérieure, lorsque cette pression peut, à un moment donné, disparaître et même faire place à un vide relatif. C'est une soupape à ressort qui permet, dans ce dernier cas, la rentrée de l'air dans la conduite ou dans le réservoir.

Le reniflard est surtout utile sur la conduite d'aménée de vapeur à la bêche d'alimentation, quand le barbotage se fait au moyen de la vapeur d'échappement d'une machine. En effet, en cas d'arrêt, la vapeur se condensant

dans la conduite, il se produirait un vide qui appellerait l'eau de la bêche et pourrait même amener cette eau au cylindre de la machine, si l'on n'avait pas pris la précaution de disposer un reniflard sur la conduite d'échappement.

Dès que la machine est arrêtée, le reniflard laisse rentrer l'air dans la conduite, ce qui évite l'aspiration de l'eau, et par suite tous les accidents qui s'y rattachent.

### III. — APPAREILS DE SURETÉ ET DE CONTROLE

Dans cette catégorie d'appareils, nous avons à faire une distinction : les appareils applicables directement au générateur, et ceux qui peuvent ou qui doivent être installés sur les canalisations de vapeur.

Dans la première subdivision, nous rangerons les indicateurs ordinaires et les indicateurs métalliques du niveau d'eau, l'indicateur système Chaudré, les soupapes de sûreté, les bouchons fusibles, les sifflets et trompes d'alarme et les manomètres.

Dans la seconde, nous nous occuperons des détendeurs de vapeur de divers systèmes, des purgeurs automatiques et des clapets de retenue prescrits par le décret de 1886.

1° *Indicateurs du niveau d'eau.* — La maison Muller et Roger construit plusieurs systèmes d'indicateurs ordinaires du niveau d'eau. Nous ne nous arrêterons pas sur ces appareils qui ne diffèrent les uns des autres que par quelques dispositions de détails insignifiantes. Nous mentionnerons seulement le niveau en verre fixé sur une bouteille en fonte ou en bronze portant les trois robinets de jaugeage. La bouteille seule communique en haut et en bas avec chacun des deux fluides de la chaudière. L'eau est par suite forcée de passer d'abord par la bouteille avant d'arriver au tube de verre où elle n'entre que refroidie. Cette disposition est de plus avantageuse en ce que la chaudière n'est plus percée que de deux orifices, les robinets de jauge étant vissés sur la bouteille elle-même.

2° *Indicateur de niveau d'eau à joints coniques, système Leroy.* — Dans cet appareil, le joint des raccords sur le verre est obtenu au moyen d'un anneau conique en caoutchouc serré par une bague et un écrou en bronze.

Ce dispositif simple donne au tube de verre une plus grande résistance aux vibrations qui peuvent se produire dans l'appareil. En cas de rupture du tube le démontage en est très facile. Il suffit de desserrer simplement les écrous qui maintiennent les anneaux de caoutchouc. Le tube de verre étant d'une longueur égale à l'écartement des deux supports en bronze, il n'est plus besoin de l'introduire par la partie supérieure du niveau ; le joint est hermétique et le montage ne pouvant être gauche, les chances de rupture de verre sont de beaucoup diminuées.

3° *Indicateur de niveau à clapets de sécurité, système Bergès et Benoist.* — Cet indicateur est un niveau d'eau ordinaire, muni près de chaque robinet de communication, d'une boîte dans laquelle passe l'eau ou la vapeur avant d'arriver au tube de verre. Cette boîte est divisée en deux compartiments par une cloison horizontale, percée d'un trou formant siège de clapets : un clapet absolument libre est logé dans un bouchon creux, fixé à la partie inférieure de la boîte, dans l'axe du siège et en-dessous du passage du fluide.

Le courant gazeux ou liquide doit donc, pour arriver dans le tube, passer par le robinet ouvert et par le siège du clapet. Si le tube vient à se briser, la rapidité de l'écoulement du fluide produit l'aspiration du clapet et l'applique sur le siège où il est maintenu par la pression intérieure de la chaudière. La fermeture est immédiate ; il n'y a aucune projection d'eau ni de vapeur.

Les différentes manœuvres de ce niveau et en particulier la purge et le nettoyage se font de la même façon que dans un niveau ordinaire. On peut, en effet, en ouvrant l'un des deux robinets d'arrêt et le robinet inférieur, purger séparément les deux parties du niveau, sans que les clapets de sécurité se mettent en marche.

Si, par suite d'une ouverture brusque de la purge, un des deux clapets remontait, il suffirait pour le faire remettre en place de fermer le robinet d'arrêt correspondant.

Le niveau à clapets de sécurité construit par la maison Muller et Roger présente un grand nombre d'avantages incontestables. Il prévient les accidents résultant d'une rupture de tube pendant la marche, c'est-à-dire la projection d'eau et de vapeur dans la chaufferie, les brûlures du chauffeur, etc., et la vidange des chaudières quand le tube vient à se briser pendant une période d'arrêt, la nuit, par exemple.

Les organes automatiques de l'appareil sont tout à fait à l'abri d'un engorgement quelconque ; ce résultat est dû à la position occupée par les clapets en-dessous des courants et à la fermeture hermétique des bouchons qui les renferment.

Une gaine de protection en cuivre complète l'appareil et le protège en empêchant la projection des éclats de verre en cas de rupture.

4° *Indicateur métallique de niveau, Système Chaudré.* — Cet appareil, construit d'une manière courante par la maison Muller et Roger, se compose d'un tube métallique sondé extérieurement dans un bouchon vissé sur une tubulure en fonte fixé sur la chaudière. Une tige en acier, soudée dans l'intérieur du tube, vient fermer ce dernier et fait corps avec lui.

Un flotteur suit les oscillations du niveau du liquide et transmet son mouvement à l'extrémité inférieure de la tige d'acier au moyen d'une fourchette en fer. La tige entraîne, en le fléchissant, le tube métallique auquel elle est soudée et qui sert d'obturateur. L'oscillation se reproduit à l'extrémité supérieure de

la tige d'acier qui la transmet à son tour à une aiguille se déplaçant sur un cadran.

Cet appareil est d'une construction très robuste. Il peut s'appliquer aux chaudières soumises à des trépidations sensibles et même à des chaudières mobiles telles que les chaudières de locomotives et les chaudières marines. Il est d'une sensibilité très satisfaisante.

5° *Souppes de sûreté*. — La maison Muller et Roger construit divers systèmes de soupapes de sûreté. Les principaux modèles sont à contre-poids, à balance, à ressort, simples ou doubles, à leviers droits ou courbes. Nous ne dirons rien de ces appareils qui ne présentent pas de dispositions particulières.

6° *Bouchons fusibles*. — Dans les chaudières tubulaires, ces accessoires servent à avertir le conducteur d'une baisse anormale du niveau de l'eau au-dessous du ciel du foyer, en même temps qu'ils protègent l'appareil entier contre un accident grave. Il peut en effet arriver que, par suite d'une alimentation irrégulière le ciel du foyer vienne à rougir et qu'une production spontanée et considérable de vapeur ait lieu au moment où l'eau froide arrive au contact de la tôle rouge.

Même dans le cas où l'explosion ne se produirait pas, le ciel du foyer pourrait se déformer ou se fendre sous l'action de la pression intérieure. Le bouchon fusible venant à fondre avant que la tôle ne rougisse, l'eau et la vapeur s'évacuent dans le foyer et éteignent le feu, évitant ainsi toute chance d'accident.

La maison Muller et Roger construit un type de bouchon fusible qui ne présente pas de dispositions spéciales à signaler

7° *Sifflets et trompes d'alarme*. — Les appareils d'alarme destinés à prévenir le conducteur de la chaudière du manque ou de l'excès d'eau peuvent affecter diverses formes.

Le sifflet est en général actionné par un flotteur. On peut également se servir d'une lentille en tôle comme à l'appareil système Chaudré, précédemment décrit.

La maison Muller et Roger construit la trompe et le sifflet-trompe, représentés par la figure ci-contre. Ces appareils sont spécialement destinés aux bateaux, locomotives et tramways. Leur son est très grave ; ils peuvent s'entendre à une très grande distance et conviennent comme sifflets d'usines soit pour l'appel des ouvriers, soit comme appareils d'alarme en cas de sinistre.

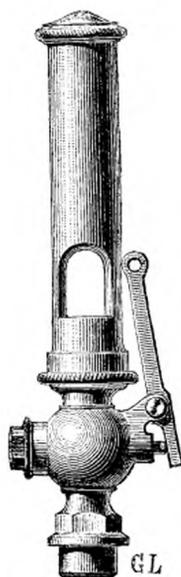


FIG. 8

SIFFLET-TROMPE

8° *Manomètres*. — Nous ne signalerons dans cette classe d'appareils que le manomètre enregistreur destiné à représenter graphiquement la marche et les fluctuations de pression des générateurs. Il ne présente pas de particularités à signaler.

La seconde subdivision de la catégorie d'appareils dont nous nous occupons, comprend le détendeur de vapeur, système Legat, les purgeurs automatiques, système Legat et système Richard, enfin les clapets de retenue, système Lucien Pasquier.

1° *Robinet détendeur automatique, régulateur de pression, système D. Legat.* — Cet appareil, représenté par les figures ci-contre, a pour but de prendre automatiquement de la vapeur ou un autre fluide à une pression quelconque et de détendre cette vapeur ou ce fluide à une pression fixe en l'y maintenant avec régularité quelles que soient les variations de la consommation.

Le principe de l'appareil réside dans l'emploi d'un obturateur équilibré, absolument insensible aux variations de la pression et relié par une tige centrale à une membrane métallique extensible, jouant le rôle de piston sensibilisateur, qui reçoit de l'intérieur au moyen de ressorts balances, une pression constamment en rapport avec la pression du fluide détendu. L'ensemble est ajusté sans l'interposition de presse-étoupes.

La vapeur à détendre arrive par l'orifice E, pénètre dans le corps du robinet O où elle se détend et, agissant sur la membrane M, tend à faire fermer la soupape équilibrée D, maintenue ouverte par la tension des ressorts G G'.

Si la pression vient à augmenter en E et par suite en O, ou si le débit de la vapeur diminue en S, ce qui revient à une augmentation de pression, l'action sur la membrane M augmente, la tension des ressorts-balances est vaincue et la soupape tend à se fermer, diminuant ainsi l'arrivée de vapeur et rétablissant l'équilibre de pression.

Le fonctionnement de l'appareil fait que la vapeur se maintient constam-

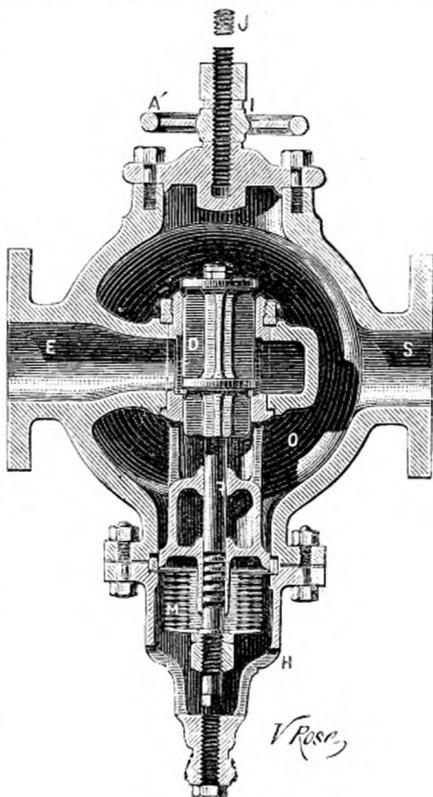


FIG. 9. -- DÉTENDEUR-AUTOMATIQUE  
SYSTÈME LEGAT, COUPE VERTICALE

ment en S à la pression pour laquelle les ressorts-balances ont été réglés au moyen d'un volant à vis A'.

Les applications les plus diverses ont été faites jusqu'à ce jour de cet appareil. Il est surtout employé dans les installations de générateurs fournissant la vapeur à haute pression, comme les générateurs Belleville, de Naeyer, Lagosse, Collet, etc. Les chemins de fer du Nord et de l'Est, les anciens établissements Cail, les forges et chantiers de la Méditerranée, la maison Farcot, la Société Decauville, MM. Olry, Granddemange, MM. Sautter-Lemonnier, et un grand nombre de maisons de construction l'ont employé avec succès.

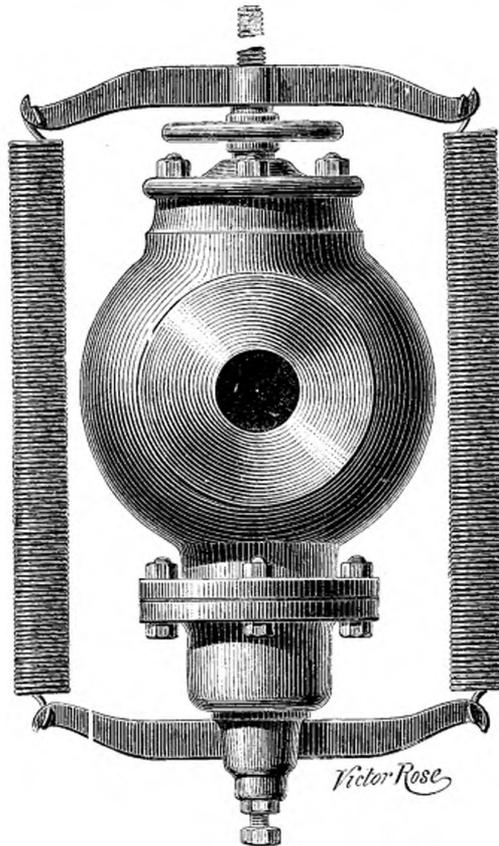


FIG. 10. — DÉTENDEUR-AUTOMATIQUE  
SYSTÈME LEGAT, VUE EN ÉLÉVATION

La maison Muller et Roger construit onze grandeurs du détendeur automatique Legat. Les données principales de ces différents types sont résumées dans le tableau ci-après :

NUMÉROS	Diamètre des orifices	Diamètre des brides	Ecartement des brides	Débit par heure à la sortie des appareils, la pression effective de la vapeur détendue étant de		
				2 kg.	3 kg.	5 kg.
				2	20	90
3	30	110	280	190	210	260
4	40	130	300	340	390	460
5	50	150	320	530	600	725
6	60	170	340	765	880	1050
7	70	190	370	1040	1180	1425
8	80	210	400	1350	1550	1850
9	90	220	470	1670	1950	2350
10	100	240	490	2125	2430	2900
11	110	255	514	2560	2950	3500
12	120	270	540	3000	3450	4150

Les chiffres de débit sont exprimés en litres ; ils ont été calculés en supposant que la charge génératrice produisant l'écoulement soit seulement d'un dixième d'atmosphère.

2° *Purgeur automatique à soupape, système D. Legat.* — Les figures représentant l'appareil expliquent son fonctionnement.

A est l'arrivée de vapeur et de l'eau de condensation venant de la conduite à purger.

B, la sortie de l'eau condensée,

C, une grille en tôle perforée, galvanisée, servant à arrêter les impuretés pouvant être entraînées par la vapeur,

D, un tampon de nettoyage et de visite de l'appareil,

F, un flotteur en cuivre actionnant la soupape équilibrée S,

S, la soupape équilibrée, parfaitement ajustée et rodée sur son siège,

L, un levier suivant le mouvement du flotteur et actionnant la soupape équilibrée S,

K, un bouchon de vidange,

R, T, U, trois robinets isolateurs permettant de faire passer la purge directement au dehors sans l'intermédiaire de l'appareil, lorsque celui-ci doit subir une réparation quelconque.

V, un robinet de purge d'air pour la mise en marche du purgeur automatique.

La vapeur de la conduite et l'eau de condensation formée dans cette conduite

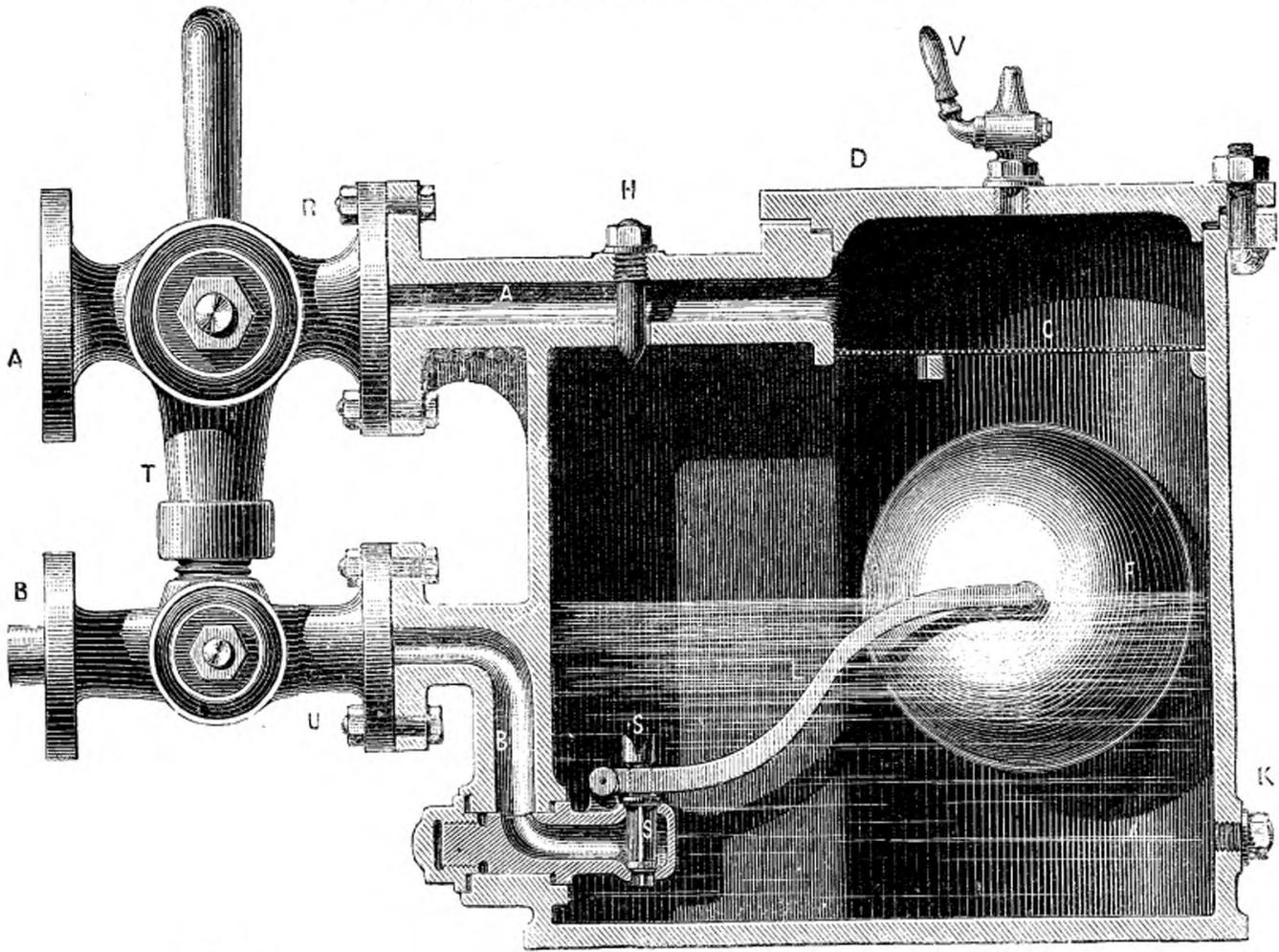


FIG. 11. — PURGEUR AUTOMATIQUE, SYSTÈME LEGAT, COUPE LONGITUDINALE

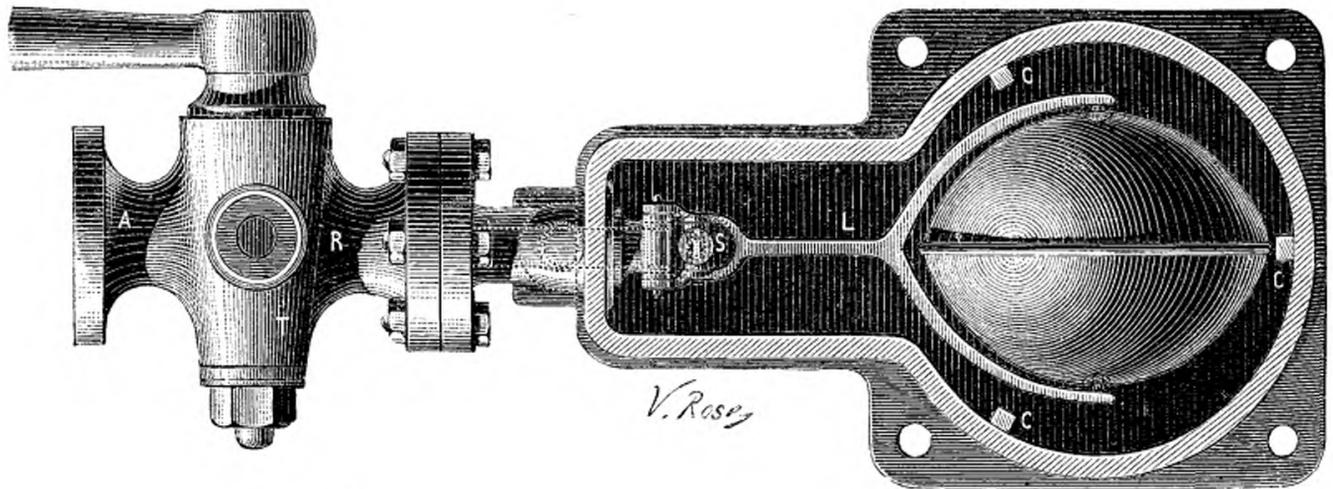


FIG. 12. — PURGEUR AUTOMATIQUE, SYSTÈME LEGAT, COUPE HORIZONTALE

arrivent par la tubulure A et pénètrent dans l'appareil, après avoir traversé la grille en tôle perforée C. L'eau s'accumule alors et s'élève dans la cuve en fonte. Quand le niveau de l'eau est suffisamment haut, le flotteur se trouve soulevé, la soupape équilibrée S fonctionne et l'eau est chassée par la tubulure B. La soupape est constamment dans l'eau, il ne peut donc y avoir aucune fuite de vapeur.

Le purgeur automatique, système Legat est d'une construction simple et son fonctionnement est absolument régulier.

Le tableau suivant indique sous différentes pressions :

1° le débit en litres, par heure, de l'appareil, l'orifice étant supposé ouvert en grand ;

2° la surface de chauffe en mètres carrés correspondant au débit de l'appareil, la condensation étant supposée faite dans l'air à 15 degrés centigrades.

Pressions	Débit en litres par heure	Correspondant à une surface de condensation de
kilogrammes		
0,100	236 litres	135 mètres carrés
1 »	745 »	355 »
2 »	1060 »	445 »
3 »	1290 »	500 »
4 »	1485 »	540 »
5 »	1650 »	570 »

Les pressions indiquées dans la première colonne représentent la charge génératrice de l'écoulement à l'air libre.

3° *Purgeur automatique à fonctionnement continu, sans organe mobile, système Ch. Richard.* — Les trois figures qui accompagnent ce paragraphe représentent deux modèles de l'appareil signalé ; la première est une coupe verticale du modèle simple, la seconde et la troisième sont une élévation et une coupe verticale du modèle avec bouteille.

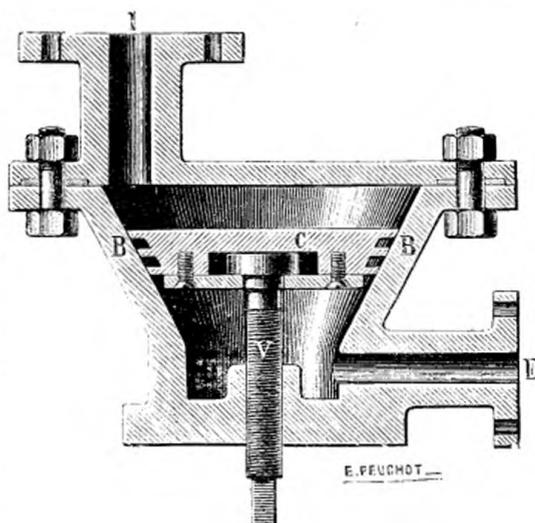


FIG. 13. — PURGEUR AUTOMATIQUE  
SYSTÈME RICHARD

Le purgeur automatique système Richard se compose d'un tronc de cône cannelé en métal dilatable spécial descendant dans une boîte en fonte B de même forme conique. Le tronc de cône peut se mouvoir de bas en haut sous l'action d'une vis V prenant appui sur le fond fileté de la boîte. Une clé de manœuvre s'adaptant au carré de la vis permet d'effectuer cette opération.

L'orifice I est en communication avec la conduite à purger, l'orifice E permet à l'eau de condensation de s'échapper au dehors.

Pour mettre l'appareil en état de fonctionner, il faut tout d'abord descendre le tronc de cône C au moyen de la vis jusqu'à ce qu'il touche les parois de la boîte en fonte, sans serrage, puis on fixe le tout sur la conduite à purger. Lorsque la conduite est en pression on remonte lentement le tronc de cône jusqu'à ce qu'il sorte par l'orifice E, une légère buée seulement, sans jet de vapeur.

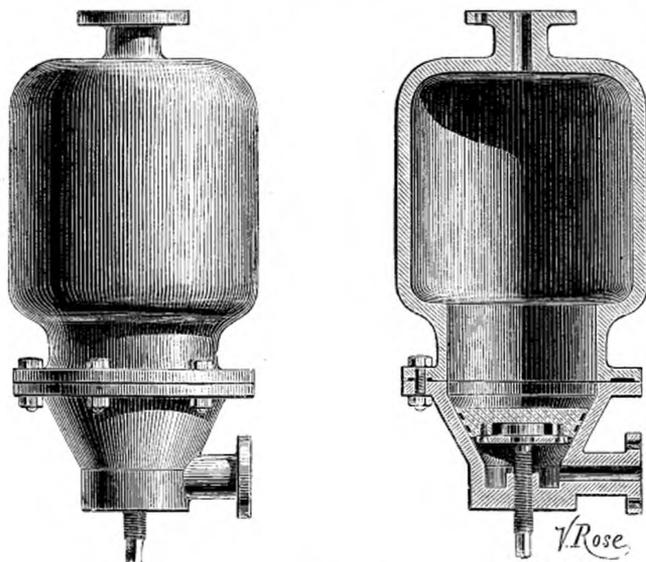


FIG. 14 ET 15. — PURGEUR AUTOMATIQUE, SYSTÈME RICHARD

L'eau de condensation formée dans la conduite arrive par l'orifice I ; sa température étant inférieure à celle de la vapeur, le tronc de cône se contracte et laisse un passage annulaire suffisant pour l'évacuation de l'eau. Quand l'eau est entièrement éliminée la vapeur arrive au contact du tronc de cône, le dilate et l'applique sur les parois de la boîte, fermant ainsi le passage par lequel l'eau avait pu s'échapper.

Les cannelures faites sur le corps du tronc de cône C retiennent en marche normale, une partie de l'eau de condensation et empêchent ainsi les fuites de vapeur.

Le purgeur automatique, système Richard ne se construit qu'en deux modèles : ceux qui sont représentés par les figures dans le texte. L'orifice de sortie de l'eau E a 10 millimètres de diamètre.

Le purgeur Richard est surtout employé pour les petits débits. Quand il s'agit de condensations importantes, on lui préfère le purgeur automatique à soupape équilibrée, système Legat, précédemment décrit.

4° *Clapets de retenue de vapeur, système Lucien Pasquier.* — La planche 31-32 de notre atlas comprend diverses élévations et coupes verticales des trois modèles de clapets de retenue, système Pasquier.

- 1° Le clapet simple,
- 2° Le clapet à double fermeture,
- 3° Le robinet-clapet à double fermeture.

Le premier de ces appareils est constitué par une boîte à vapeur en fonte dans laquelle est disposé un clapet conique. Ce clapet, pendant la marche normale du générateur est maintenu ouvert et en équilibre. La boîte est munie d'un couvercle en fonte boulonné et de deux tubulures à brides, l'une pour l'entrée l'autre pour la sortie de la vapeur.

Le clapet est maintenu ouvert par l'action d'un contre-poids placé à l'extrémité d'un levier qui peut osciller autour d'un axe fixe. Sur cet axe est calé un second levier dont l'extrémité presse de bas en haut le clapet de retenue.

Le clapet à double fermeture se compose des mêmes organes que le précédent appareil ; il en diffère seulement par l'addition d'un clapet mobile maintenu ouvert en marche normale, mais devant se fermer en cas d'accident à l'un des générateurs du groupe.

Dans le robinet clapet à double fermeture, une vis en bronze permet d'opérer à volonté la fermeture du clapet de retour et par suite de l'employer comme valve de prise de vapeur. Ce troisième appareil se construit soit simple, soit à colonnettes, soit à arcade en fonte.

Pour comprendre le fonctionnement de ces appareils il suffit de se reporter à notre planche 31-32. On voit que dans le cas d'une rupture de la conduite, de l'explosion d'une chaudière ou d'un réservoir en communication avec le système sous pression, l'équilibre qui existe entre les parties supérieure et inférieure du clapet est subitement rompu ; l'action du contre-poids est alors vaincue et le clapet vient s'appliquer sur son siège, fermant ainsi toute issue à la vapeur.

Dans le cas spécial du clapet double, le même effet se produit ; mais en outre, en cas d'explosion du générateur sur lequel l'appareil est installé, la communication est subitement interrompue avec la conduite elle-même. Par suite la vapeur de la conduite et celle des autres générateurs ne peut plus s'échapper au dehors.

## IV. — APPAREILS DE GRAISSAGE.

Nous ne ferons que signaler en passant cette catégorie d'appareils, une revue détaillée devant en être faite dans une autre partie de l'ouvrage. La maison Muller et Roger construit de nombreux systèmes de graisseurs ; elle exposait, classe 52, une partie des appareils de sa fabrication courante. Nous ne signalerons, pour mémoire, que les suivants :

1° Graisseurs ordinaires ; graisseurs à couvercle vissé ; graisseurs à couvercle à charnière ; graisseurs à couvercle à ressort ou à couvercle avec fermeture à baïonnette. Ces appareils s'exécutent droits, à douilles, à brides de toutes formes.

2° Graisseurs automatiques, système Pick et système Pearson ; graisseurs à cadran et graisseurs automoteurs à débit visible de la Société V. I. Ragsine et C<sup>ie</sup>.

Ce dernier appareil présente l'avantage de graisser la vapeur elle-même avant son arrivée au cylindre et par suite de lubrifier les organes de distribution et les cylindres des machines. Le débit d'huile peut être réglé à volonté. Enfin la goutte d'huile étant visible on peut toujours s'assurer du fonctionnement de l'appareil.

Le graisseur automoteur à débit visible s'installe indifféremment à la même hauteur que le tuyau de conduite de vapeur, ou au-dessous, ou au dessus de ce tuyau. Les dispositions de montage pour ces trois cas ne présentent pas de différences sensibles.

## V. — FUMISTERIE INDUSTRIELLE

Dans ce dernier paragraphe, nous n'avons à signaler qu'un appareil : le fumivore Orvis perfectionné, construit par la maison Muller et Roger et appliqué par elle à tous les systèmes de foyers.

Le fumivore Orvis repose sur ce principe qu'il est nécessaire, pour assurer l'utilisation complète du combustible employé, d'envoyer dans le foyer la quantité d'oxygène nécessaire à la combustion des gaz et cela à une température assez élevée pour prévenir les refroidissements intérieurs.

L'appareil Orvis consiste dans une sorte de Giffard au moyen duquel l'air est projeté sur toute la surface du foyer par une faible quantité de vapeur. Cet air, à une température suffisante, augmente le tirage et complète la combustion des gaz en facilitant leur formation et leur développement.

Le fumivore Orvis a été appliqué aux foyers de locomotives, aux générateurs Belleville, à plusieurs chaudières Weyher et Richmond, à des chaudières verticales Boulet, enfin à un grand nombre de chaudières à bouilleurs.

Des expériences faites avec le fumivore Orvis dans les usines du service municipal des eaux de la Ville de Paris ont donné des résultats de tous points concluants.

## APPAREILS ACCESSOIRES DE CANALISATIONS

(MAISON CH. GIBAULT, A PARIS)

(Planches 51-53).

---

La maison Ch. Gibault, exposait dans le Palais des Machines (classe 63) une collection de ses appareils de robinetterie pour eau, gaz et vapeur et divers accessoires de canalisations.

Les appareils présentant un intérêt tout particulier dans l'exposition de M. Ch. Gibault étaient les suivants :

1° Robinets à clef renversée et à serrage proportionnel à la pression.

2° Siphons isolateurs pour la recherche des fuites sur les canalisations et l'isolement des conduites en cas d'accidents.

3° Joints à rotule applicables aux conduites flexibles pour air, gaz, eau et vapeur et aux tuyaux d'accouplement des freins de voitures de chemins de fer.

4° Joints universels pour l'assemblage des tuyaux d'une canalisation quelconque et permettant les mouvements de dilatation ou de contraction de chacun de ces tuyaux.

5° Caniveaux en fonte à section rectangulaire et circulaire pour dépôt de câbles ou fils électriques, téléphoniques, télégraphiques ou autres.

6° Pompe de compression pour air ou gaz.

Nous laisserons ce dernier appareil, comme ne rentrant pas d'une façon complète dans le sujet que nous avons à traiter. Les cinq premiers vont être examinés et décrits.

I. *Robinets à clef renversée.* — L'étude et la construction de ce système de robinet repose surtout sur cette observation que dans beaucoup de cas, les robinets à boisseaux ordinaires fuient quand les clefs ne sont pas fortement serrées ; il en résulte que pour les mettre à l'abri de cet inconvénient on est obligé de les rendre très durs à manœuvrer. Cette condition de fonctionnement peut amener des grippements sérieux et mettre les appareils complètement hors de service.

La particularité des dispositions adoptées par M. Gibault pour combattre ces défauts réside principalement dans la fermeture de deux extrémités du boisseau.

Du côté de la grande base du corps tronconique le joint est assuré au moyen d'une plaque obturatrice fixée au boisseau par des boulons.

Du côté de la petite base est disposé un presse-étoupe avec garniture d'amiante

ou de chanvre qui s'oppose aux fuites le long de la tige de manœuvre. Dans certains cas, le presse-étoupes à garniture d'amiante est remplacé par un cuir embouti ou un caoutchouc de même forme.

Dans ce but, la petite base du cône de la clef est prolongée par une partie cylindrique à l'extérieur du robinet. Cette partie cylindrique se termine par un carré sur lequel peuvent être montés un volant ou une poignée de manœuvre.

Suivant les pressions intérieures auxquelles sont soumis les appareils et, suivant les dimensions de ces appareils, le réglage du serrage de la clef s'opère de diverses façons :

1° Au moyen d'une vis prenant appui dans l'épaisseur de la plaque obturatrice inférieure et agissant sur un grain de crapaudine qui supporte la clef elle-même; la tête de la vis est alors noyée dans la plaque.

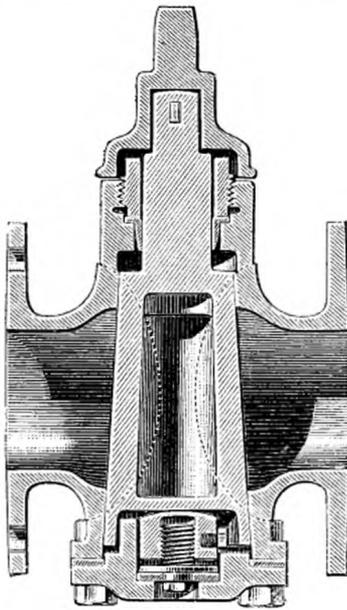


FIG. 1

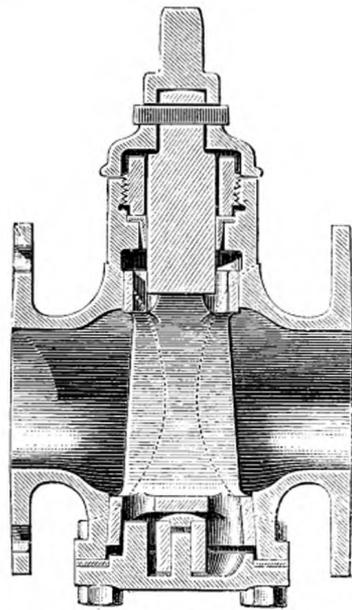


FIG. 2

2° Par un tampon en caoutchouc de forme cylindrique appuyé sur la plaque obturatrice et portant à sa partie supérieure un grain en calotte sphérique sur lequel repose la clef.

3° Par un ressort métallique à boudin, fixé de la même manière que le ressort en caoutchouc et remplissant le même office.

La clef est équilibrée par le fait de communications établies d'une manière permanente entre les faces intérieures et les bases extérieures de la partie tron-

conique. Il résulte de cette disposition que la clef se trouve toujours placée entre deux pressions égales.

La seule force qui puisse tendre à serrer la clef sur les parois du boisseau est justement égale à la pression qui serait développée sur une section égale à celle de la tige passant à travers le presse-étoupes.

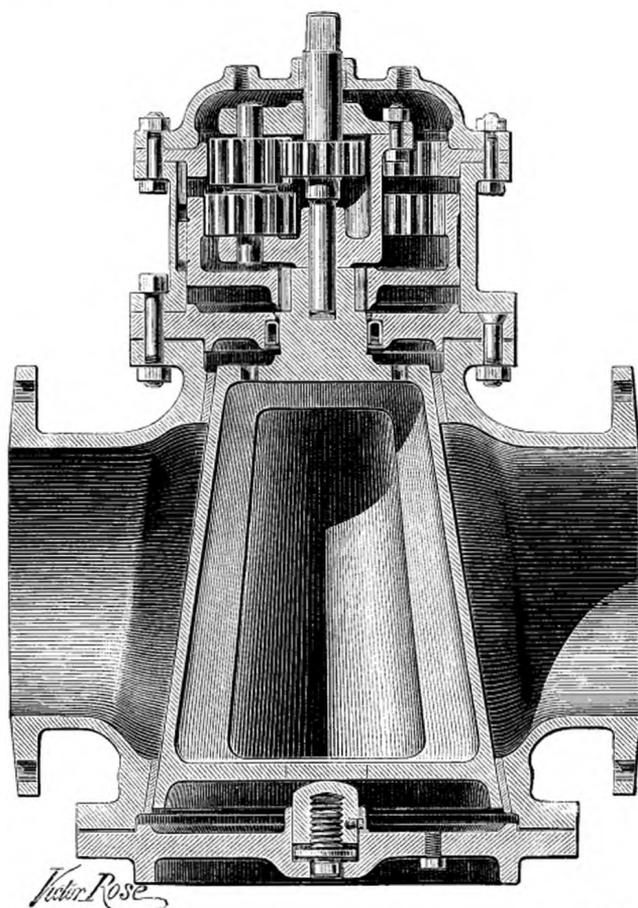


FIG. 3

Cette section de la tige étant une quantité constante on voit que l'effort qui produit le serrage de la clef varie avec la pression intérieure seulement c'est-à-dire que ce serrage est directement proportionnel à la pression.

L'emploi des robinets à clef renversée, système Gibault a été adopté dans un

grand nombre d'installations importantes et il a toujours conduit aux meilleurs résultats.

Son fonctionnement est d'une précision et d'une régularité fort satisfaisantes. Le seul accident qui puisse lui arriver est parfois un léger coincement qui rend la manœuvre assez difficile et pénible. Dans ce cas, il suffit en général de donner

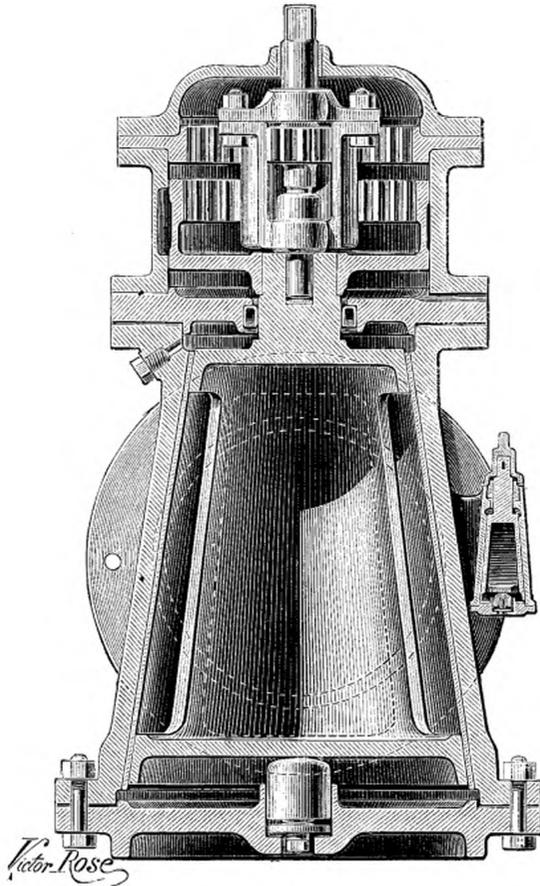


FIG. 4

sur la tête de la clef de manœuvre un léger coup de marteau. La clef redescend suffisamment pour se décoller des parois du boisseau. La pression intérieure ramène le serrage à ce qu'il doit être.

Dans les installations qui ont été faites des divers types du robinet à clef

renversée, système Gibault, il a été reconnu que les procédés de réglage employés pour le serrage de la clef n'étaient pas d'une application de première nécessité :

Lorsque la vis de réglage du grain de crapaudine est complètement desserrée, la clef remonte à sa place sous la seule influence de la pression de la conduite. L'expérience montre que le même effet se produit lorsqu'on emploie pour régler le serrage de la clef, les ressorts métalliques à boudin ou les tampons en caoutchouc.

M. Gibault a fait l'application de son système de robinet à clef renversée aux conduites de très grands diamètres pour la distribution de l'eau, du gaz ou de la vapeur. Cette application se fait alors à la place de celles des robinets vannes ordinaires, qui par leur construction spéciale, s'ils ne manifestent pas de fuites à l'extérieur n'en présentent pas moins souvent de graves inconvénients.

Il arrive en effet que ces robinets-vannes restant ouverts la plupart du temps, les surfaces intérieures des orifices et des vannes elles-mêmes finissent par se recouvrir de dépôts calcaires, s'il s'agit d'une conduite d'eau, ou de carbures d'hydrogène solides s'il s'agit d'une conduite de gaz. Il arrive même parfois que les impuretés entraînées dans le mouvement du fluide véhiculé, cailloux, grains de sable ou autres objets viennent se déposer dans le fond de la cage du robinet, forment ainsi un calage énergétique et empêchent les vannes de descendre à fond.

On comprend que dans ces conditions et malgré un serrage excessif des vis de vanne, l'étanchéité ne puisse être obtenue comme il serait utile.

Quand ces accidents arrivent sur les canalisations d'eau d'une ville, ils donnent lieu à des fuites importantes dont on ne soupçonne pas tout d'abord les causes. C'est alors que les fontainiers, dans le but de fermer complètement leurs vannes et d'obtenir l'étanchéité complète exercent sur les vis de manœuvres des efforts considérables, inutiles et dangereux.

Ces efforts aboutissent parfois à la rupture des vis et cela d'autant plus facilement que les fontainiers ne peuvent apprécier l'intensité de l'action qu'ils exercent sur elles.

Dans les manœuvres d'arrêt d'eau pour réparations ou modifications aux conduites d'une section, on comprend ce que de semblables dispositions ont de préjudiciable. On est, en effet, parfois obligé de fermer beaucoup plus de robinets qu'il ne serait nécessaire si ces appareils étaient en bon état de fonctionnement : on prive d'eau, par cela même, certains quartiers où l'alimentation pourrait être conservée.

Afin d'obvier à ces divers inconvénients qui peuvent arriver à porter un tort considérable, M. Ch. Gibault remplace dans ses installations les robinets-vannes ordinaires par ses robinets à boisseau et à clef renversée.

Ce système nous semble offrir contre les fuites tant intérieures qu'extérieures, toutes les garanties désirables ; en outre les surfaces frottantes étant continuelle-

ment en contact, il ne peut s'interposer entre elles de corps étrangers et la manœuvre est toujours douce.

Le fonctionnement de ces robinets est encore rendu moins pénible par l'application d'un système spécial d'engrenages différentiels placés à l'abri du contact de l'eau ou de la vapeur.

Ces engrenages sont établis de telle sorte que le nombre de tours nécessaire pour les ouvrir ou les fermer complètement correspond exactement aux diamètres des orifices exprimés en centimètres.

Cette disposition particulière permet de se rendre compte du diamètre d'un robinet placé en terre ou inversement de connaître le nombre de tours à faire à la vis pour ouvrir ou fermer le robinet quand on connaît le diamètre de la conduite sur laquelle il est installé.

M. Ch. Gibault a fait d'importantes installations où il a appliqué le système de robinet à clef renversée que nous venons de décrire.

Nous citerons les travaux de canalisation d'eau de la Ville de Paris, de Nancy, de Reims, de Charleville, de Brest, de Chalons-sur-Marne, de Montargis, de Laon, de Belfort, de Bar-le-Duc, etc.; les canalisations de gaz de Brest, d'Auxerre de Dijon, de Niort, de Rochefort, de Sedan, de Troyes, de Sens, de Tonnerre, d'Athènes, de Bukharest, etc.; enfin divers travaux exécutés pour les compagnies de chemins de fer, les télégraphes, les administrations de l'Etat, la compagnie parisienne de l'air comprimé, les sucreries d'Abbeville, etc., etc.

II. — *Siphon isolateur pour la recherche des fuites sur les canalisations et l'isolement des conduites en cas d'accidents.* — Cet appareil, spécialement destiné aux canalisations de gaz, est d'un emploi très simple et donne des résultats d'une exactitude remarquable.

Les pertes de gaz, par suite de défauts dans l'établissement des canalisations, atteignent souvent des chiffres considérables qui augmentent d'une façon notable le prix de revient du gaz rendu aux points de consommation.

Le problème de la recherche des pertes présente de grandes difficultés; le terrain étant en général très compact au-dessus des conduites, le gaz qui s'échappe se répand autour des tuyaux sur de grandes longueurs et il devient assez pénible de déterminer l'endroit précis où existe la fuite.

On sait que le moyen ordinairement employé et le plus sûr, pour arriver à découvrir les fuites sur un système de canalisations et pour en apprécier l'importance, consiste à fractionner ce réseau par parties dont on essaie isolément l'étanchéité au moyen d'un compteur. Ce fonctionnement se fait généralement au moyen de coupures de conduites, ou bien par des ballons introduits dans leur intérieur par un trou percé dans ce but, et gonflés d'air, ou encore par la fermeture des valves.

Ces moyens ont l'inconvénient d'être coûteux et de demander beaucoup

de temps en interrompant le service de l'alimentation sur la partie de la conduite soumise à l'expérimentation. En outre, la coupure des conduites est la cause de pertes considérables de gaz et elle expose les ouvriers à des accidents graves.

Dans le but de supprimer ces complications et ces dangers, M. Ch. Gibault a étudié et construit un appareil nommé *siphon-isolateur* ; cet appareil permet de procéder d'une manière méthodique et à des intervalles aussi rapprochés qu'on le désire, à la recherche des fuites sur les conduites de gaz : c'est donc une constatation de tous les instants.

Le siphon-isolateur, système Gibault, consiste en une cuve en fonte, en forme de tronc de cône, posée sur sa grande base et reliée avec deux, trois ou quatre conduites différentes par autant de tubulures venues de fonte avec elle. Le dessin que nous donnons de l'appareil à la planche 53-54 représente un siphon isolateur construit et disposé pour quatre conduites. Quatre diaphragmes verticaux aboutissant au centre, aux parois et au fond supérieur de l'appareil forment quatre chambres distinctes au-dessus desquelles sont placées les quatre tubulures.

Les diaphragmes ou cloisons intérieures ne descendent qu'à une certaine distance du fond inférieur, de telle sorte que le gaz puisse passer par dessous, lorsque l'appareil est vide d'eau et à intercepter son passage lorsqu'après avoir introduit de l'eau dans l'appareil, ils se trouvent noyés de la hauteur voulue pour équilibrer la pression du gaz dans les conduites.

Sur le fond supérieur sont pratiqués les quatre orifices correspondant aux chambres, que nous avons mentionnés plus haut. Quatre types fixés dans ces orifices viennent aboutir à environ quinze centimètres au-dessous du niveau du sol dans lequel l'installation est faite, dans un regard fermé par un tampon en fonte.

Quand il s'agit de faire des expériences, on découvre simplement le regard et on vient placer sur chacun des tubes un robinet à trois voies dont deux sont en communication, l'une avec les compartiments du siphon et l'autre avec un tube en forme de couronne surmontant les quatre robinets.

Cette disposition permet, quand les conduites sont rendues indépendantes au moyen de l'eau, de faire communiquer entre elles deux des quatre conduites aboutissant au siphon.

Elle permet, en outre, par l'intermédiaire de la troisième voie du robinet, de faire passer le gaz venant d'une des quatre conduites dans un compteur et de ce compteur dans l'une ou l'autre des trois autres conduites.

Chacune de ces trois dernières pouvant être isolée du réseau général au moyen d'un siphon isolateur on voit que le compteur enregistrera le volume de gaz consommé par la conduite soumise à l'expérience.

L'essai n'exige en général que trois quarts d'heure environ. Il faut toutefois

avoir soin, au préalable, de fermer toutes les prises publiques et particulières ; l'existence des fuites sera constatée et leur importance déterminée par le compteur.

Dans le cas où l'expérience devrait être faite sur une conduite alimentant des abonnés auxquels le gaz ne pourrait être retiré, des industriels par exemple employant le gaz comme force motrice, il suffit de deux hommes chargés de relever les index des compteurs de ces industriels aux moments correspondants au commencement et à la fin de l'observation du compteur de fuites.

En déduisant de la consommation accusée par le compteur, la consommation effective de ces abonnés pendant le même temps, on aura la quantité effective de gaz perdu par les fuites de la canalisation.

Quand l'essai est terminé, si l'on veut procéder à des réparations sur la conduite qui vient d'être expérimentée il suffit d'interrompre, au moyen du robinet y aboutissant toute communication entre la couronne et le compartiment du siphon correspondant à ladite conduite. On peut alors, sans crainte, démonter les joints de cette conduite, dégager les tuyaux et effectuer les réparations.

Ces travaux de recherches de fuites peuvent être faits sans dérangements importants dans le service et ne nécessitent pas des frais considérables. Il est cependant plus commode de les effectuer en été, c'est-à-dire à une époque de l'année où la consommation du gaz diminue sensiblement et où le personnel de l'usine est le moins occupé.

Le siphon-isolateur, système Ch. Gibault, est construit de manière à faire partie du réseau de canalisation et y fait à la fois l'office de siphon ordinaire, de valve hydraulique, de pièces de raccord pour les croisements de conduites et enfin d'appareil cherche-fuites.

On peut se rendre compte des progrès considérables que représente l'appli-

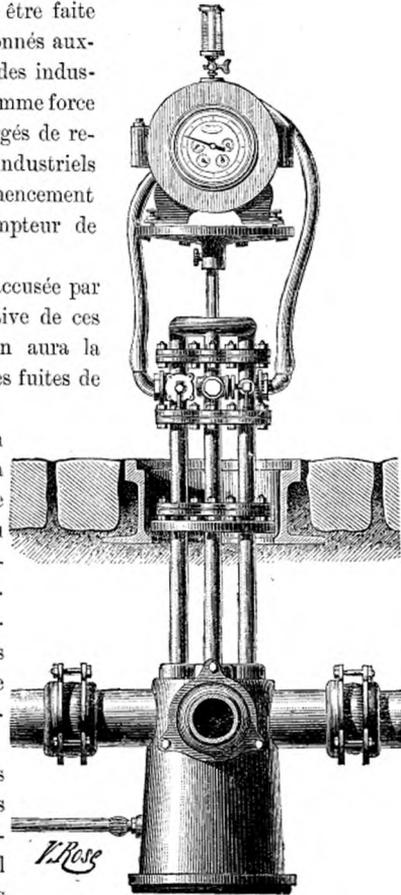


FIG. 5. — SIPHON ISOLATEUR  
SYSTÈME GIBAULT.

cation de ces siphons dans une distribution de gaz au double point de vue de la sécurité publique et des économies qu'il permet de réaliser dans l'exploitation des usines à gaz.

Des installations de siphons-isolateurs existent en nombre considérable dans différentes villes.

Nous citerons, entre autres, les travaux exécutés par M. Ch. Gibault qui avait été chargé par la Société du gaz de Rochefort-sur-Mer, de rechercher et de réparer pour son compte des fuites de gaz existant sur les canalisations. M. Ch. Gibault installa dans la ville de Rochefort, 57 siphons-isolateurs ; dans Tonnay-Charente, 3 ; dans l'arsenal maritime, 5 : soit en tout 65 siphons répartis sur une longueur totale de canalisation de 38,927 mètres. Les recherches furent faites pour la plupart au moyen de siphons à quatre conduites. Du commencement à la fin des travaux, c'est-à-dire de 1884 à 1885, l'économie réalisée fut reconnue dépasser les quatre cinquièmes des pertes avant les réparations.

Le tableau suivant résume les résultats obtenus :

RÉSULTATS DES EXPÉRIENCES	PERTES		
	Par année sur 38,927 mètres	Par année et par kilomètre	Par heure et par kilomètre
Avant la pose des siphons et les réparations. . . . .	219770 <sup>m3</sup> ,466	1545 <sup>m3</sup> ,685	0 <sup>m3</sup> ,644
Après la pose des siphons et les réparations. . . . .	40428 <sup>m3</sup> ,794	1038 <sup>m3</sup> ,579	0 <sup>m3</sup> ,118

Les siphons isolateurs, système Ch. Gibault ont reçu un grand nombre d'applications à Rochefort-sur-Mer, Brest, Dijon, Lisieux, Castres, Bukharest, Liévin, Saint-Maixent, etc.

III. — *Joints à rotules, applicables à toutes conduites flexibles pour air, gaz, vapeur et liquides.* — Le principe sur lequel repose le joint à rotules, système Gibault, est l'emploi d'un cuir embouti ou d'une garniture environnée d'un anneau en matière élastique, comme le caoutchouc.

La garniture en cuir embouti est disposée de telle façon que la pression des gaz ou des liquides le force à s'appliquer sur la sphère. C'est dans le but d'aider à cette action que M. Gibault a introduit l'anneau en matière élastique qui est disposé de manière à venir appuyer sur la lèvre du cuir embouti.

L'anneau de caoutchouc a donc pour effet d'empêcher cette lèvre de se soulever en quelque point que ce soit et par suite de laisser s'échapper les gaz ou les liquides renfermés dans les tuyaux

Les cuirs emboutis et les anneaux élastiques sont tous établis d'après les mêmes dessins et soigneusement exécutés sur les mêmes matrices. D'un joint à l'autre les garnitures sont ainsi interchangeables.

La rotule dont nous donnons la coupe dans notre planche 53-54, trouve son application tout indiquée aux attelages de conduites des freins, des voitures de chemins de fer. Elle ne comporte pas de pièces sensibles ni susceptibles de se déranger. Son emploi nous paraît très pratique dans diverses applications industrielles.

L'exposition de M. Ch. Gibault dans la classe 63 (Galerie de pourtour du Palais des Machines) comprenait un spécimen de ces rotules dans le cas que nous venons de citer d'un attelage de conduites de freins.

Sur les robinets d'arrêt fixés au sommet des tubes verticaux existant à l'extrémité de chaque voiture était disposé un coude au quart sur lequel venait s'emmancher la première rotule.

Cette première pièce était vissée et brasée sur un tube portant à son autre extrémité la seconde rotule; celle-ci venait embrasser une sphère fixée elle-même à l'extrémité d'un second coude au quart semblable au premier. A ce point pouvait être monté le raccord de disjonction, soit du système de frein Wenger soit du système Westinghouse, ou tout autre pièce de raccord remplissant le même office. La seconde partie de l'appareil, du côté de la seconde voiture, était entièrement semblable à la première.

Les diverses expériences faites sur le système de joint à rotules que nous signalons ont montré que les attelages dans lesquels il recevait une application étaient étanches et flexibles et qu'ils supportaient sans avaries ni détériorations les secousses et les trépidations des trains.

Ajoutons, en outre, qu'en cas de rupture d'attelage la disjonction des raccords s'opère avec la plus grande facilité.

#### IV. — *Joint universel pour l'assemblage des tuyaux d'une canalisation.*—

Ce système de joint, que nous représentons planche 53-54, se compose simplement d'une couronne en fonte d'un diamètre intérieur légèrement plus grand que le diamètre extérieur des tuyaux qu'il s'agit de réunir, de deux brides en fonte portant des oreilles pour le passage des boulons de serrage et d'une garniture plastique interposée entre les deux brides et les bords de la couronne en fonte.

Ce système de joint permet, dans une canalisation de vapeur, la libre dilation de chaque tuyau.

Appliqué à une conduite quelconque il assure l'étanchéité tout en se prêtant aussi bien que possible à des déviations et à des sinuosités de grande importance. Son emploi supprime l'introduction, en divers points de la canalisation, de boîtes compensatrices dont le fonctionnement est quelquefois mauvais et dont la présence est souvent un embarras. Le joint universel Gibault

est lui-même le compensateur de la dilatation des tuyaux. Le faible espace qu'on ménage entre les extrémités de ces tuyaux, dans le montage des joints, suffit à assurer la liberté de tous les mouvements dus à la chaleur.

Il est bon de remarquer que l'emploi du joint universel, système Gibault permet l'utilisation dans une conduite, des moindres coupes de tuyaux; on ne peut employer ces coupes dans les cas ordinaires qu'à moins de faire la pose et les joints de plusieurs manchons.

Il permet enfin le remplacement rapide d'un tuyau avarié par la facilité qu'il présente au démontage; il suffit dans le cas d'un accident survenu à un tuyau de la canalisation, de desserrer les boulons des deux joints correspondants, de faire glisser les pièces qui les composent sur les tuyaux voisins, de dégager le tuyau avarié, de le remplacer et de ramener sur ses extrémités les deux joints qu'on n'a plus qu'à resserrer.

Le joint universel, système Gibault est employé dans le service des eaux de la Ville de Paris, pour la traversée des ponts métalliques. Il existe sur ces ponts des trépidations incessantes auxquelles les joints ordinaires à emboîtement au plomb ne peuvent résister.

La canalisation de la Compagnie de l'air comprimé à Paris, est entièrement établie au moyen du joint Gibault.

On peut citer encore une application intéressante: celle qui a été faite à la tour Eiffel sur une conduite de refoulement d'eau et sur quatre conduites descendantes alimentant les ascenseurs du premier et du deuxième étage. Ces cinq conduites avaient à supporter chacune une pression de 120 mètres de hauteur d'eau.

Mentionnons pour finir la canalisation de vapeur du premier groupe de générateurs (Compagnie Babcock et Wilcox et MM. Conrad Knap et C<sup>ie</sup>) dans le Palais des Machines. Cette canalisation comprenait un grand nombre de tuyaux de 200 millimètres de diamètre reliés entre eux par des joints universels, système Gibault.

#### V. — *Caniveaux étanches, à couvercles et à joints démontables pour dépôt de câbles ou fils électriques, téléphoniques, télégraphiques, etc.*

1° *Caniveaux à section rectangulaire.* — Ces caniveaux, en fonte, sont composés d'une sorte de bache dont chacun des bords supérieurs est disposé pour recevoir une bande de caoutchouc de cinq millimètres d'épaisseur sur trente de largeur.

Cette bande de caoutchouc sert à assurer l'étanchéité du joint de la bache avec son couvercle.

Le couvercle est d'une forme extérieure absolument semblable à celle de la partie inférieure de la bache.

Il est fixé à cette bêche au moyen de boulons passant dans des oreilles disposées dans ce but sur le caniveau lui-même et sur son couvercle.

L'ensemble monté forme un tout parfaitement symétrique par rapport à l'axe vertical. Cette disposition facilite la pose des joints qui sont interchangeables d'un bord à l'autre.

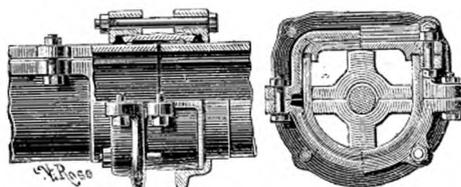


FIG. 6

Le joint servant à assembler deux tronçons consécutifs de caniveaux, en ligne droite ou avec un coude quelconque, est composé :

1° D'une bague intérieure en deux parties exactement semblables et symétriques reliées par deux boulons sur les côtés du caniveau, à mi-hauteur.

2° De deux caoutchoucs faisant entièrement le tour de chacune des deux demi-bagues.

3° De deux contre-bridges composées chacune de deux parties semblables et symétriques, reliées comme la bague intérieure au moyen de deux boulons. Ces deux contre-bridges portent sur leur pourtour, une série de trous traversés par boulons et disposés de telle sorte que le serrage du joint est absolument uniforme en tous les points. Ce serrage rappelle celui du joint universel.

2° Caniveaux à section circulaire. Comme les précédents, ils sont composés de deux parties : ces pièces sont toutefois de forme demi-circulaires, semblables et symétriques entre elles. Elles sont assemblées au moyen de boulons passant dans des oreilles venues de fonte avec chacune d'elles.

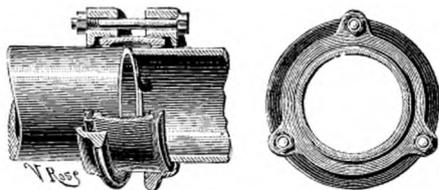


FIG. 7

Un renflement règne sur toute la longueur de chacun des bords des deux parties demi-circulaires. Ce renflement porte à la surface d'assemblage une rainure dans laquelle on vient placer un boudin de caoutchouc formant joint étanche d'un bout à l'autre.

Le joint servant à réunir deux tronçons contigus de caniveaux droits ou coudés se fait d'une façon analogue à celui des caniveaux de section rectangulaire.

La différence réside seulement dans la forme des couronnes et des contrebrides qui sont constituées chacune par deux parties demi-circulaires réunies par des boulons.

C'est le joint universel en deux parties réunies suivant un diamètre.

Les applications de ces deux systèmes de caniveaux en fonte sont aujourd'hui extrêmement nombreuses. Elles ont toujours donné entière satisfaction. Les joints présentent l'étanchéité la plus complète.

Des expériences faites sur de semblables caniveaux établis avec tous les soins désirables ont montré qu'ils pouvaient sans crainte, être soumis à des pressions intérieures allant jusqu'à huit atmosphères.

Cette particularité fait que dans certains cas, il est possible, avec toute sécurité, d'utiliser ces caniveaux en même temps pour le dépôt de fils télégraphiques ou téléphoniques et pour la circulation et la distribution de l'air comprimé.

La maison Ch. Gibault, en outre des appareils que nous venons de signaler et qui figuraient dans son exposition de la classe 63 construit les modèles les plus variés de la robinetterie pour eau, gaz et vapeur, les canalisations les plus importantes et un grand nombre d'organes spéciaux, de moteurs hydrauliques et d'appareils élévatoires de tous systèmes.

---

## APPAREILS ACCESSOIRES DE GÉNÉRATEURS

(Maison C. Guyenet, à Paris)

---

La maison C. Guyenet, à Paris, exposait, dans la classe 52 (Palais des Machines), plusieurs catégories d'appareils de sa construction courante. Cette maison possède, on le sait, la spécialité des appareils de levage, à bras, à vapeur, hydrauliques, électriques de divers systèmes; des grues fixes, roulantes ou flottantes pour les services de débarquements, d'entrepôts, de gares, d'ateliers, etc. Elle construit, en outre, des systèmes spéciaux de fours en briques pour le chauffage du vent des hauts-fourneaux (appareils récupérateurs Whitwell); un appareil spécial, dit « chargeur de rails » pour la manutention des rails de 12 mètres et leur transbordement.

La maison C. Guyenet est enfin concessionnaire des brevets des injecteurs et éjecteurs, système Bohler et Guyenet. Elle construit spécialement trois appareils alimentaires de chaudières de ce système; ce sont :

1° L'injecteur à température constante recevant l'eau en charge, et la refoulant à la chaudière;

2° L'injecteur aspirant, à température constante;

3° L'éjecteur élévateur pour l'élévation ou le transvasement des liquides froids ou chauds, jus, sirops, mélasses, acides, etc,

Nous allons examiner particulièrement chacun de ces trois accessoires, laissant pour une autre partie de cette revue l'étude des appareils que nous avons signalés en premier lieu.

### I. -- INJECTEUR RECEVANT L'EAU EN CHARGE.

L'injecteur recevant l'eau en charge, représenté ci-contre, consiste en une boîte principale entièrement en bronze, à l'intérieur de laquelle vient aboutir le conduit d'arrivée d'eau. Cette boîte porte à l'une de ses extrémités le raccord du tuyau d'arrivée de vapeur dans l'axe duquel sont disposées deux tuyères concentriques en bronze. La plus longue de ces tuyères porte vers la base du cône des orifices qui permettent l'accès de l'eau renfermée dans la capacité principale. Cette tuyère est maintenue à son extrémité par une partie tournée qui vient

s'ajuster exactement dans un alésage fait dans le corps de la boîte. L'orifice de la partie conique vient déboucher dans l'axe d'un cône divergent qui aboutit à la chambre du clapet de refoulement : cette capacité est cylindrique et disposée perpendiculairement à l'axe de l'injecteur. Elle communique à la partie supérieure avec le tuyau *c* par lequel l'eau est refoulée à la chaudière.

Cet injecteur, dont les dispositions principales sont indiquées par la coupe figurée ci-contre présente l'avantage de ne pas nécessiter de garnitures intérieures. Les cônes sont fixes ; il ne se produit par suite aucune déviation dans la direction des jets, et le fonctionnement est assuré à tous les instants.

La disposition adoptée pour la chapelle du clapet de refoulement permet de visiter et de nettoyer au besoin, très facilement, l'intérieur des cônes. On n'a, dans ce cas, qu'à dévisser le bouchon représenté dans les figures. Si l'un des cônes est obstrué par une impureté quelconque, on peut le déboucher au moyen d'une pointe à tracer ou d'un fil de fer.

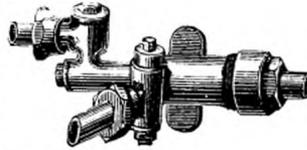


FIG. 1

Cet injecteur s'installe dans le cas où la bêche d'alimentation est placée à un niveau supérieur au sien. Son fonctionnement est des plus simples. Pour mettre l'appareil en marche, il suffit :

- 1° D'ouvrir un grand robinet d'arrivée d'eau ;
- 2° D'ouvrir lentement, par petits coups successifs et en plein, le robinet de prise de vapeur.

L'eau en excès commence par sortir en vitesse par la purge. Quand la vapeur a produit un vide suffisant, elle entraîne un violent courant d'eau qui soulève le clapet de refoulement et se rend à la chaudière.

Il est alors utile de régler l'arrivée d'eau en fermant peu à peu le robinet jusqu'au moment où l'on entend le sifflement produit par l'appareil en marche, et où il ne coule plus d'eau par l'orifice de purge.

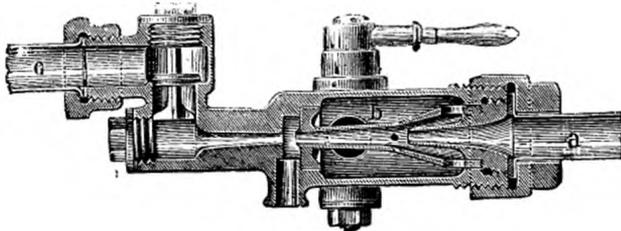


FIG. 2

Au moment de la mise en pression de la chaudière, et avant de faire fonctionner l'injecteur, il faut avoir soin de faire évacuer l'air contenu dans la chau-

dière; cet air, entraîné à la prise de vapeur de l'injecteur, doit en être ainsi complètement évacué et remplacé par de la vapeur pour que l'injecteur puisse s'amorcer. Le fonctionnement de l'injecteur, étant basé sur la condensation de la vapeur, il ne peut s'amorcer tant qu'on lui fournit de l'air au lieu de vapeur. En résumé, il faut ouvrir le robinet de prise de vapeur aussitôt que la chaudière est allumée, et ne le refermer que lorsque la vapeur, en sortant, a pu entraîner l'air de la chaudière.

Dans l'installation de l'injecteur Bohler, comme d'ailleurs dans celle des autres injecteurs, il est bon de prendre la vapeur directement sur la chaudière, à l'endroit le plus élevé, afin de l'avoir aussi sèche que possible.

Il est nécessaire de donner aux tuyaux d'eau et de vapeur les dimensions indiquées dans le tableau ci-dessous, pour chacun des neuf types courants construits par la maison Guyenet. Ce tableau comprend, en outre des diamètres de ces tuyaux, le débit en litres des différents modèles d'injecteurs, la pression de la vapeur employée étant supposée égale à 5 kilogrammes.

Numéros des injecteurs	Débit en litres par heure à 5 kilogs. de pression	Force en chevaux correspondante	Diamètres intérieurs des tuyaux d'eau et de vapeur
1	250	1 à 4	12 millimètres
2	550	6 à 8	13 »
3	800	10 à 15	15 »
4	1700	25 à 30	20 »
5	2500	45 à 50	25 »
6	4000	65 à 75	30 »
7	5500	110 à 120	35 »
8	7000	180 à 200	40 »
9	9000	280 à 300	45 »

Il n'y a toutefois qu'un faible inconvénient à mettre les tuyaux d'arrivée d'eau et de vapeur d'un diamètre supérieur à celui qui est indiqué dans ce tableau pour chaque injecteur; mais il serait préjudiciable au rendement de l'appareil de mettre ces tuyaux d'un plus petit diamètre.

Dans le montage de la tuyauterie d'un injecteur, il faut procéder avec le plus grand soin au nettoyage intérieur des tuyaux employés, et s'assurer que ces tuyaux ne contiennent ni brai ni résine; il faut éviter les coudes de petits rayons. Les joints des raccords doivent être soigneusement faits de manière à ne pas obstruer les tuyaux. En général, on emploie des rondelles de plomb qui donnent un excellent usage et assurent un joint parfait; l'emploi du caoutchouc est à rejeter; il arrive en

effet que, non seulement la vapeur peut détériorer ce caoutchouc, mais encore que le serrage énergique des chapeaux de raccord peut écraser les rondelles au point de leur faire diminuer considérablement la section utile des tuyaux, et par suite augmenter la résistance de l'appareil.

Il faut, en outre, avoir soin de mettre dans la bêche d'alimentation, et au départ du tuyau d'arrivée d'eau, une crépine, afin d'empêcher l'entraînement de corps étrangers dans l'injecteur.

La température de l'eau d'alimentation ne doit pas être supérieure à 35 ou 40 degrés; on doit par suite isoler ou éloigner suffisamment les bûches des chaudières pour empêcher leur échauffement.

Le robinet de prise de vapeur doit être placé à portée de la main du conducteur de la chaudière. Enfin, afin de faciliter, en cas de besoin, la visite du clapet de retenue de l'injecteur, il est utile de disposer un robinet sur la conduite de refoulement d'eau avant son arrivée à la chaudière.

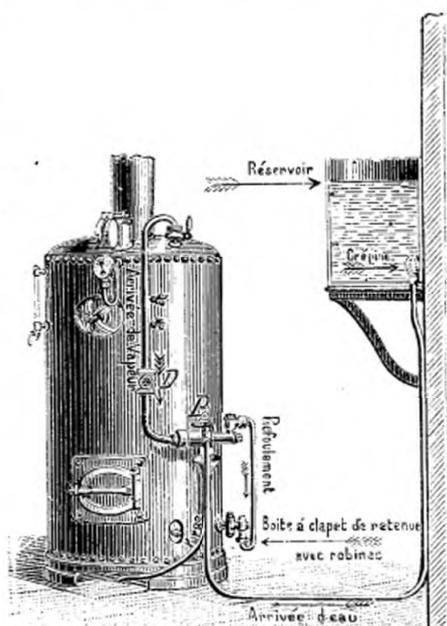


FIG. 3

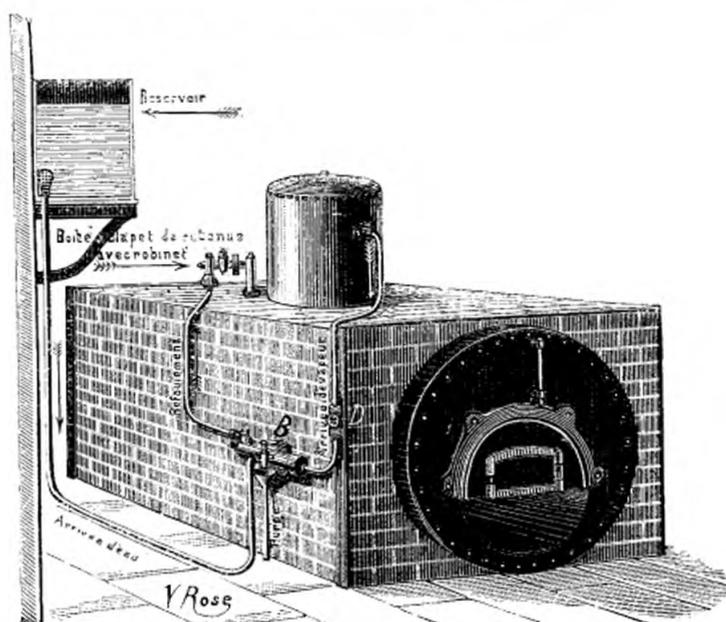


FIG. 4

L'injecteur Bohler, que nous venons de décrire, ne comprend donc intérieurement aucune pièce en mouvement ; sa construction est aussi simple que possible, et sa manœuvre peu compliquée. Son fonctionnement est assuré à partir d'une pression de 1 kilogramme 1/2.

L'eau d'alimentation entourant la tuyère, avant d'y être introduite, empêche l'appareil de s'échauffer, condition essentielle d'un parfait fonctionnement.

L'appareil est d'un montage simple. Il n'exige, pour la tuyauterie qui s'y rattache, aucune bride, puisque les tuyaux se montent par les raccords que comporte l'injecteur lui-même.

Nous avons vu les dispositions employées pour permettre la visite intérieure de cet injecteur sans nécessiter le démontage d'organes quelconques.

Dans les installations où l'on utilise la vapeur d'échappement des machines au chauffage de l'eau d'alimentation, on dispose la tuyauterie de manière à mettre le refoulement de l'injecteur en communication avec le réchauffeur, et ce dernier avec la chaudière.

## II. — INJECTEUR ASPIRANT

La figure insérée dans le texte de ce paragraphe est la coupe de l'injecteur aspirant du système Bohler. Cet appareil diffère du précédent en ce qu'il se place à un niveau quelconque par rapport au niveau d'eau dans la bache d'alimentation.

Il comprend, comme l'injecteur que nous venons de décrire, un corps principal entièrement en bronze, dans l'axe duquel sont ajustés les cônes de deux tuyères distinctes. En face de l'orifice de la deuxième tuyère et dans son axe est disposé un cône divergent aboutissant à la chapelle du clapet de refoulement.

Cette capacité est pour la raison que nous avons donnée plus haut placée perpendiculairement à la direction générale de l'appareil. Elle est fermée dans le prolongement de l'axe de l'injecteur par un bouchon à vis facilement démontable.

La boîte principale de l'injecteur aspirant porte quatre orifices distincts ; l'un qui la met en communication avec la bache d'alimentation, le deuxième avec l'atmosphère de vapeur de la chaudière, le troisième que nous avons indiqué qui sert de passage à l'eau refoulée ; enfin un trou pour l'écoulement de l'eau de purge.

Dans la buse de la plus courte tuyère est ajustée une aiguille conique faisant corps avec une vis de manœuvre. Cette aiguille conique est, suivant son axe, percée d'un trou de petit diamètre qui se coudant à angle droit vient déboucher dans la chambre de vapeur de l'appareil. Ce petit trou sert à amorcer l'injecteur.

Il est bon de faire remarquer que la vis de manœuvre est une vis à droite tandis que l'emmanchement de la plus courte tuyère dans le corps de l'injecteur est effectué au moyen d'un pas à gauche. Cette disposition fait que le retrait de la vis de manœuvre, dans le cas où une forte adhérence se produirait entre l'aiguille conique et la tuyère, n'a jamais pour effet de provoquer le desserrage de cette dernière mais bien un effet inverse.

L'injecteur est complété par le joint de la tige de manœuvre et par les trois raccords de tuyauterie. Ces trois raccords sont faits comme dans l'injecteur recevant l'eau en charge, au moyen de rondelles de plomb qui assurent une étanchéité parfaite.

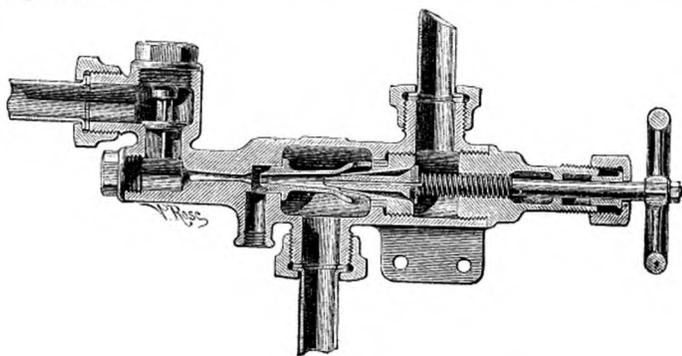


FIG. 5

Les précautions que nous avons indiquées précédemment à propos de la mise en marche de l'injecteur, de la mise en pression de la chaudière et des dispositions spéciales de montage de la tuyauterie sont entièrement applicables à l'injecteur aspirant.

Il convient dans l'installation de cet appareil, de ne pas exagérer outre mesure la hauteur d'aspiration de l'eau ; pour les injecteurs de grandes dimensions, on peut aller jusqu'à 1<sup>m</sup>,500 ; il serait mauvais de dépasser cette limite qui ne doit même pas être atteinte dans les injecteurs de grandeurs moyennes.

On doit placer une crépine au tuyau d'aspiration pour empêcher l'entraînement et l'intrusion de corps étrangers dans les cônes de l'injecteur. La température de l'eau d'alimentation ne doit pas dépasser 30 à 35 degrés, il faut donc éloigner ou isoler suffisamment les bâches d'alimentation des chaudières afin d'empêcher leur échauffement.

Lorsque les eaux employées sont chargées de sels calcaires, formant par conséquent des dépôts de tartre dans les chaudières, il convient, en enlevant le bouchon d'extrémité dont nous avons signalé la présence, de nettoyer de temps en temps l'intérieur de l'appareil. Faute de cette précaution, les dépôts qui se

forment dans les cônes des tuyères et dans le cône divergent paralysent en peu de temps le jeu de l'injecteur.

La soupape-aiguille commandée par le volant de manœuvre est, nous l'avons vu, percée d'un trou central de très petit diamètre ; ce trou, qui détermine l'aspiration de l'eau doit toujours être tenu dans le plus grand état de propreté. Il faut donc avoir soin de le déboucher aussitôt qu'il est obstrué par l'introduction d'un corps étranger.

Pour faire la visite du canal central de la soupape-aiguille, il faut avoir soin de dévisser à fond l'aiguille avant de dévisser le bouchon-guide, sous peine de casser les filets de la vis de manœuvre.

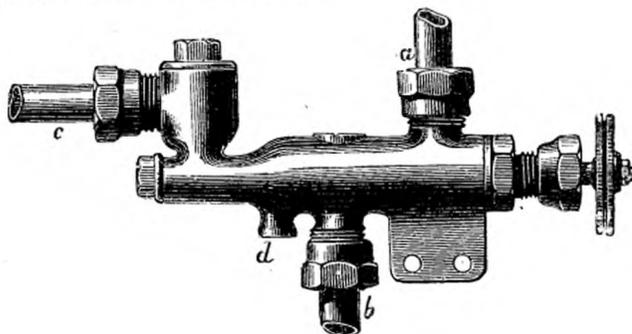


FIG. 6

La maison C. Guyenet construit neuf types de grandeurs différentes de l'injecteur aspirant, système Bohler. Ces neuf numéros sont indiqués dans le tableau suivant avec la désignation pour chacun d'eux du débit en litres par heure, la pression de la vapeur étant de 5 kilogrammes, la force en chevaux correspondante et les diamètres intérieurs des tuyaux d'arrivée d'eau et de vapeur.

Numéros des injecteurs	Débit en litres par heure à 5 kilogr. de pression	Force en chevaux correspondante	Diamètres intérieurs des tuyaux d'eau et de vapeur
1	350 litres	1 à 4	12 millimètres
2	550	6 à 8	13 »
3	800	10 à 15	15 »
4	1700	25 à 30	20 »
5	2500	45 à 50	25 »
6	4000	65 à 75	30 »
7	5500	110 à 120	35 »
8	7000	180 à 200	40 »
9	9000	280 à 300	45 »

Le fonctionnement de l'injecteur aspirant, système Bohler, n'exige pas un ouvrier exercé; il est extrêmement simple et sûr. L'amorçage de l'appareil est aussi rapide que possible.

Les opérations nécessaires pour la mise en route se réduisent aux manœuvres suivantes :

1° Les précautions préliminaires d'évacuation d'air étant prises, le volant de manœuvre est actionné jusqu'à sa fermeture. On doit d'ailleurs n'avoir qu'à s'assurer de cette fermeture qui doit être complète en temps d'arrêt.

La soupape-aiguille étant ainsi vissée à fond, on ouvre lentement et complètement le robinet d'introduction de vapeur, afin de produire un commencement d'aspiration.

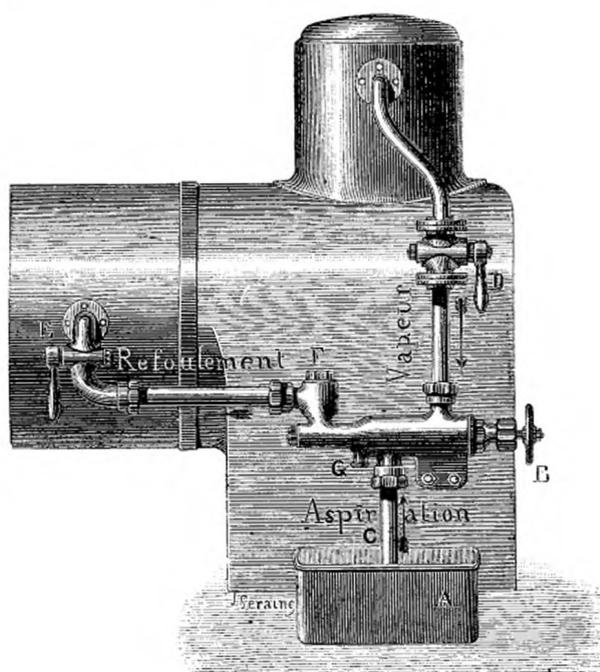


FIG. 7

La vapeur, entrant dans la chambre principale de l'injecteur, s'introduit en effet dans le petit trou percé dans le corps de la soupape-aiguille et vient souffler dans le cône divergent qui précède le clapet de refoulement. Il se produit dans cette première action un vide rapide à l'intérieur et à l'extérieur de la grande tuyère. Cette pièce porte en effet à la base de sa partie conique des orifices circulaires qui permettent l'accès de l'eau.

L'aspiration qui résulte de ce vide fait monter l'eau de la bêche dans le tuyau et dans la capacité de l'injecteur qui entoure les tuyères. Cette eau s'introduisant dans le cône de la plus grande de ces tuyères, est entraînée par la vapeur qui vient s'accumuler sous le clapet de refoulement qu'elle n'a pas assez de force pour soulever, puis finalement s'écoule par l'orifice de purge.

2° Au moment où l'on aperçoit l'eau qui s'écoule par la purge, on ramène en arrière la vis de manœuvre et par suite la soupape-aiguille, en actionnant le volant.

On continue ce mouvement de retrait jusqu'à ce que l'eau ne sorte plus par la purge et qu'on entende le sifflement produit par l'appareil en marche.

Dans cette deuxième phase de la mise en route la vapeur s'écoule avec violence par la buse de la tuyère courte et rencontre l'eau qui a été aspirée et qui remplit la grande tuyère et le dessous du clapet de refoulement. Celui-ci est alors soulevé et l'alimentation continue jusqu'à ce qu'on ferme le robinet d'arrivée de vapeur, puis la soupape-aiguille qu'il faut avoir soin de visser à fond.

### III. — ÉJECTEURS-ÉLÉVATEURS

Ces appareils dont nous donnons ci-contre une élévation extérieure, une coupe et un spécimen d'installation, conviennent particulièrement à certains mouvements d'élévations de liquides quand ces liquides doivent être projetés à l'air libre pour retomber dans un vase ou une capacité quelconques.

Ils conviennent à ce titre aux teintureries pour l'élévation et le chauffage simultanés de l'eau ; aux établissements de bains et lavoirs ; à l'alimentation des réservoirs ; à l'épuisement des cales de navires, des égouts, des citernes, etc. ; enfin, dans les sucreries, distilleries, brasseries, tanneries, lavoirs et usines de produits chimiques, au transvasement des liquides chauds ou froids, limpides ou sirupeux tels que jus, mélasses, extraits, sirops, etc.

L'éjecteur-élévateur est, comme l'indiquent les figures, d'une construction aussi simple que possible. Il ne comprend que des pièces absolument fixes et d'une résistance convenable. Il ne demande enfin aucun entretien et peut être installé avec facilité dans les emplacements les plus réduits.

L'éjecteur élévateur se compose d'une chambre formée de deux parties coniques dans le même axe et assemblées par les petits diamètres. Cette chambre principale est montée sur le parcours de la tuyauterie d'eau. Dans le cône inférieur vient déboucher une tuyère communiquant avec une conduite de vapeur sous bonne pression.

La vapeur projetée avec violence par cette tuyère dans la chambre de l'éjecteur produit un vide qui a pour effet de faire monter l'eau jusque dans l'appa-

reil. L'écoulement continu de la vapeur entraîne la colonne d'eau et peut l'élever à de grandes hauteurs.

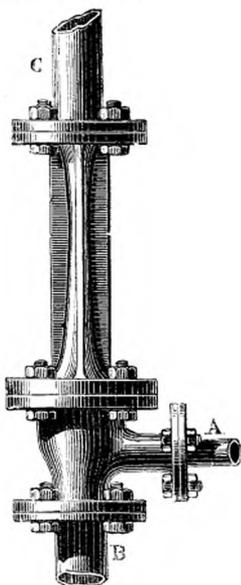


FIG. 8

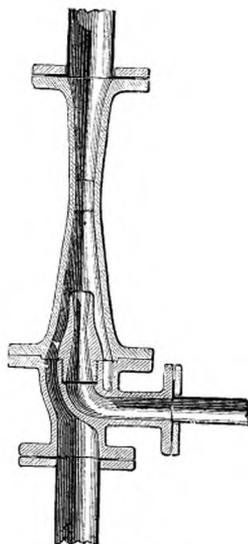


FIG. 9

On voit que le fonctionnement de l'appareil éjecteur est de la plus grande simplicité. Pour le mettre en marche, il suffit d'ouvrir le robinet d'arrière de vapeur ; l'arrivée d'eau n'est aucunement réglée. L'arrêt comporte seulement la fermeture du même robinet.

Suivant la nature des liquides à élever, les tuyaux d'aspiration et de refoulement de l'eau peuvent être construits en plomb, en fer ou en fonte. Le tuyau de vapeur A doit être en fonte ou en cuivre.

On doit, dans l'installation de l'éjecteur, éviter les coudes autant qu'il est possible et les faire d'un grand rayon quand ils sont nécessaires.

Quand la nappe d'eau dans laquelle se fait l'aspiration a un niveau très variable, il faut avoir soin de faire plonger suffisamment le tuyau et la crépine afin qu'il ne se produise pas d'entraînement d'air pendant le fonctionnement.

Il est bon d'envelopper de calorifuge le tuyau d'arrivée de vapeur afin d'éviter la condensation dans le parcours et la perte de travail qui résulterait de cette condition de marche.

Suivant les cas d'installation, la dépense de vapeur varie de 1 à 3 % du poids du liquide élevé. Il est évident que cette dépense change avec la pression de la vapeur employée et la hauteur du refoulement de l'eau.

L'augmentation de température du liquide élevé est très minime. Elle varie entre 5 et 12 degrés centigrades seulement.

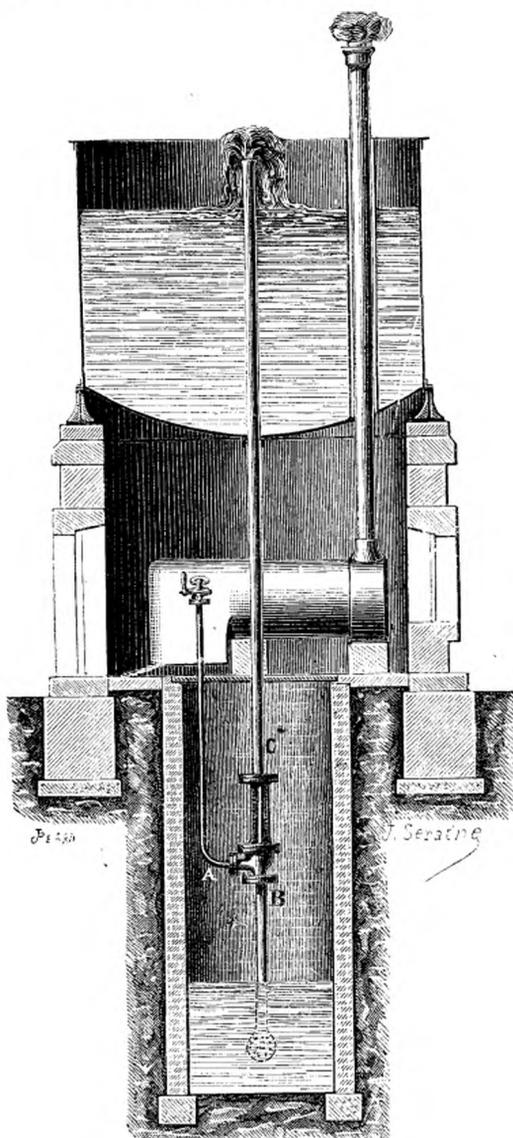


FIG. 10

La construction des éjecteurs-élevateurs, système Bohler, comprend onze grandeurs différentes pour lesquelles le débit en litres par heure à la pression de

4 kilogrammes, les diamètres des tuyaux de vapeur et ceux des tuyaux d'eau sont indiqués dans le tableau suivant :

Numéros des éjecteurs	Débit en litres par heure à la pression de 4 kg.	DIAMÈTRES INTÉRIEURS DES TUYAUX	
		de vapeur	d'eau
		millimètres	millimètres
0	1000	15	15
1	1500	18,5	25
2	3000	25	35
3	6000	35	50
4	10000	40	60
5	15000	45	65
6	35000	65	80
7	50000	70	95
8	60000	80	105
9	80000	90	125
10	100000	100	140

Nous ajouterons pour terminer qu'il a été fait de l'éjecteur-élévateur que nous venons de décrire de nombreuses et intéressantes applications. Un système spécialement étudié, mais reposant sur le même principe, a été appliqué à l'élévation de l'eau dans les tenders de locomotives. Le fonctionnement de l'appareil a donné la plus complète satisfaction.

#### FORMULES DE DÉTERMINATION DES INJECTEURS

Dans le but de compléter cet examen élémentaire des appareils construits par la maison C. Guynet, nous donnons dans le présent paragraphe les formules au moyen desquelles on détermine théoriquement et pratiquement les dimensions principales des injecteurs alimentaires et des éjecteurs-élévateurs.

Tout d'abord, il convient de faire remarquer que la dimension principale d'un injecteur est le plus petit diamètre du cône divergent qui aboutit à la chapelle du clapet de refoulement. De cette cote, on déduit par relations simples les dimensions à donner aux diverses pièces de l'appareil. Ces relations sont exclusivement du domaine de la pratique.

Nous désignerons, dans notre calcul par :

$b$ , le poids d'un mètre cube de vapeur à la température  $t$  ;

$b'$ , le poids d'un mètre cube d'eau ;

$d$ , le diamètre du cône divergent en mètres ;

$d'$ , le diamètre du cône de vapeur en mètres ;

$g$ , l'accélération due à la pesanteur (9,8088) ;

$m$ , la masse de la vapeur employée  $\left(m = \frac{P'}{g}\right)$

$M$ , la masse de l'eau élevée correspondante  $\left(M = \frac{P}{g}\right)$

$P'$ , le poids de la vapeur dépensée par seconde ;

$P$ , le poids de l'eau élevée par seconde ;

$t$ , la pression effective dans la chaudière en kilogrammes, ou timbre de cette chaudière ;

$v$ , la vitesse du mélange (en mètres par seconde) ;

$v'$ , la vitesse que prendrait l'eau de la chaudière sous la pression  $t$  si on la laissait s'écouler librement ;

$V$ , la vitesse de la vapeur à la pression  $t$  (en mètres par seconde).

Afin d'obtenir un appareil alimentateur qui présente toute sécurité il est utile de s'imposer un débit par heure égal à environ une fois et demie le poids de vapeur produite par la chaudière dans le même temps. Dans certains cas, il est nécessaire d'exiger de l'injecteur un débit double de la production de vapeur de la chaudière. Mais le coefficient 1,5 est généralement adopté ; nous l'introduisons donc dans ce calcul.

Nous supposons qu'il s'agit de déterminer les deux injecteurs d'une chaudière locomotive dont la surface de chauffe totale est représentée par  $S$ . La production de vapeur par heure et par mètre carré moyen, étant d'environ 45 kilogrammes, la production totale de vapeur par heure, sans tenir compte du poids d'eau employé, est égale à :

$$S \times 45$$

Pendant la marche de la chaudière, l'eau entraînée peut être comptée en moyenne à raison de 30 % de la dépense de vapeur ; la dépense totale s'élève donc à :

$$(S \times 45) + (S \times 45 \times 0,3) = S \times 45 \times 1,3$$

ou :

$$5 \times 58,5$$

Le débit réel des injecteurs n'est environ que les 50 centièmes du débit théorique ; la dépense, d'après laquelle ils doivent être calculés, est donc :

$$S \times 58,5 \times 2 = S \times 117$$

On comprend que les deux injecteurs d'une chaudière de locomotive, étant déterminés d'après ces bases, sont dans les meilleures conditions de marche et

peuvent assurer sans peine l'alimentation, même dans les cas les plus défavorables, quand il se produit, par exemple, des ébullitions tumultueuses avec projections d'eau dans l'atmosphère de vapeur et dans les conduites.

Pour qu'il y ait équilibre entre la vitesse du mélange qui se produit dans la chambre de l'injecteur et la vitesse que prendrait l'eau de la chaudière, si on la laissait s'évacuer à l'air libre, il faut que la vitesse du mélange dans l'injecteur soit celle de l'écoulement d'une colonne d'eau de hauteur  $H$ , qui exercerait sur sa base une pression égale à celle de la vapeur dans la chaudière; la hauteur  $H$  est donnée par la relation simple

$$H \times b' = 10000 t$$

la pression de 1 kilogramme étant représentée par une colonne de 10 mètres

La formule précédente donne :

$$H = 10000 \frac{t}{b'}$$

La vitesse  $v'$  prendrait donc une valeur égale à :

$$v' = \sqrt{2gH} = \sqrt{2g10000 \frac{t}{b'}}$$

Pour tenir compte des résistances passives qui se développent dans l'appareil, il convient de ne pas prendre comme telle la hauteur  $H$ , mais bien cette même hauteur multipliée par un coefficient particulier; ce coefficient, dans la pratique, est égal à 2,25, de telle sorte que :

$$H' = H \times 2,25$$

La vitesse du mélange est ainsi donnée par la formule :

$$v = \sqrt{2g10000 \frac{t}{b'} \times 2,25} \quad \text{ou} \quad v = v' \sqrt{2,25}$$

Si l'on admet que dans l'injecteur, la vapeur conserve sa densité, cette vapeur sera animée d'une vitesse  $V$  égale à :

$$V = \sqrt{2g10000 \frac{t}{b'}}$$

Les masses  $m$  et  $M$ , étant proportionnelles aux poids  $P$  et  $P'$ , on aura la relation :

$$\frac{m}{m + M} = \frac{P'}{P' + P}$$

Les poids  $P'$  et  $P' + P$ , peuvent toutefois être représentés par leurs valeurs respectives, qui sont :

$$\pi \frac{d'^2}{4} V b \quad \text{et} \quad \pi \frac{d^2}{4} v b'$$

On peut donc écrire :

$$\frac{m}{m + M} = \frac{\pi \frac{d'^2}{4} V b}{\pi \frac{d^2}{4} v b'}$$

ou, en réduisant :

$$\frac{m}{m + M} = \frac{d'^2 V b}{d^2 v b'} \quad (1)$$

Les vitesses variant en sens inverse des masses, on a :

$$\frac{m}{m + M} = \frac{v}{V} \quad (2)$$

La comparaison des égalités 1 et 2 donne :

$$\frac{v}{V} = \frac{d'^2 V b}{d^2 v b'}, \quad \text{d'où} \quad \frac{d'^2}{d^2} = \frac{v^2 b'}{V^2 b}$$

En remplaçant  $v^*$  par sa valeur  $v'^2 \times 2,25$ , on a :

$$\frac{d'^2}{d^2} = \frac{v'^2 b' \times 2,25}{V^2 b} \quad (3)$$

D'autre part, les vitesses  $v'$  et  $V$ , nous donnent la relation :

$$\frac{v'}{V} = \frac{\sqrt{2g \frac{10000 t}{b'}}}{\sqrt{2g \frac{10000 t}{b}}}$$

ou, en simplifiant :  $v'^2 b' = v^2 b$ .

L'égalité 3 devient alors :

$$\frac{d'^2}{d^2} = 2,25, \quad \text{d'où} \quad d' = d \sqrt{2,25}$$

Cette dernière égalité montre que  $d$  une fois connu,  $d'$  le sera également. Il s'agit donc maintenant de déterminer  $d$ .

Le principe de la conservation des quantités de mouvement fournit la relation :

$$m V = (m + M) v$$

d'où

$$m = \frac{M V}{V - v} \quad (4)$$

Si nous remplaçons les masses  $m$  et  $M$  par les poids correspondants qui leur sont proportionnels, la formule 4 devient :

$$P' = \frac{P' v}{V - v}$$

Le poids du mélange d'eau et de vapeur passant dans l'appareil dans une seconde est alors représenté par :

$$P + \frac{P v}{V - v} = \pi \frac{d^2}{4} b' v$$

ou

$$\frac{P V}{V - v} = \pi \frac{d^2}{4} v b$$

ce qui donne pour la valeur de  $d$  :

$$d = \sqrt{\frac{4 P V}{(V - v) \pi v b}}$$

M. Combes donne, pour le débit des injecteurs aux environs du maximum de rendement, la formule empirique suivante :

$$D = 28 d^2 \sqrt{t}$$

et l'expérience confirme cette donnée dans beaucoup de cas.

Il est également intéressant de retenir cette indication pratique que, *sous la pression de 4<sup>k<sub>g</sub></sup>,5, le débit en litres par minute est donné par le carré du diamètre du cône divergent exprimé en millimètres*. Par heure, ce débit serait donc, à la pression indiquée :

$$D = d^2 \times 60$$

Pour avoir ce débit à une pression quelconque, autre que 4 kilg. 5, il suffit d'établir une proportionnalité entre les racines carrées des pressions, de telle sorte que :

$$\frac{d^2 \times 60}{\sqrt{4,5}} = \frac{x}{\sqrt{t}}$$

d'où

$$x = \frac{60 d^2 \sqrt{t}}{\sqrt{4,5}}$$

Pour obtenir un fonctionnement satisfaisant, le cône d'arrivée de vapeur doit avoir une inclinaison de 7 à 8 degrés. L'inclinaison des autres varie entre 4 et 5 degrés.

Afin de donner un exemple de l'application des valeurs que nous avons trouvées pour les divers éléments de l'installation d'un injecteur, supposons qu'il faille déterminer les caractéristiques des deux appareils nécessaires à l'alimentation d'une chaudière de locomotive de 147 mètres carrés de surface de chauffe.

Une chaudière de locomotive est munie, en général, de deux injecteurs de dimensions différentes.

Dans le cas qui nous occupe, la succession des égalités suivantes donne les résultats demandés.

1° *Calcul du petit injecteur :*

$b = 4,295$ , la pression de la vapeur étant 9 kilogrammes;  $b = 1,000$  kilogrammes.

$$d = \sqrt{\frac{4 P V}{(V - v) \pi v b'}} = \sqrt{\frac{4 \times 2,627 \times 641}{(641 - 63) \pi \times 63 \times 1000}}$$

$$d = 0,0076$$

$$d' = d \times \sqrt{2,25} = 0,0076 \times 1,5 = 0,0114$$

$$P = \frac{S \times 117 \times 0,55}{3600} = 2^k,627$$

Le chiffre de 0,55 est un coefficient particulièrement adopté pour le calcul du petit injecteur.

$$v = \sqrt{2g \frac{10000 t}{b'}} \sqrt{2,25} = 63 \text{ mètres}$$

$$V = \sqrt{2g \frac{10000 t}{b}} = 641 \text{ mètres}$$

2° *Calcul du gros injecteur :*

$$d = \sqrt{\frac{4 P V}{(V - v) \pi v b'}} = \sqrt{\frac{4 \times 4,427 \times 641}{(641 - 63) \pi \times 63 \times 1000}}$$

$$d = 0,010$$

$$d' = d \times \sqrt{2,25} = 0,010 \times 1,5 = 0,015$$

$$P = \frac{S \times 117 \times 0,95}{3600} = 4^k,538$$

Le chiffre de 0,95 est un coefficient particulièrement adopté pour le calcul du gros injecteur.

### FORMULES DE DÉTERMINATION DES ÉJECTEURS.

Les formules que nous venons d'établir pour les injecteurs peuvent, pour la plupart s'appliquer aux éjecteurs-élevateurs.

Dans le court exposé qui va suivre, nous conserverons les notations que nous avons prises précédemment.

Le coefficient de rendement des éjecteurs est sensiblement le même que celui des injecteurs; il est égal à 0,50 environ. Si nous représentons le coefficient véritable par  $z$ , et le débit réel en litres par heure par  $D$ , le débit théorique  $D'$ , d'après lequel les éjecteurs devront être calculés, sera :

$$D' = \frac{D}{z}$$

Soit  $H$ , la hauteur totale comprise entre le niveau inférieur de l'eau à élever et le point le plus haut du tuyau de refoulement, c'est-à-dire la hauteur totale à laquelle on doit élever l'eau.

Cette hauteur  $H$  doit, avant d'être introduite dans les calculs, subir une majoration comme dans le cas des injecteurs. Cette majoration est produite en la multipliant par un coefficient fixe de 2,25.

La vitesse que le mélange d'eau et de vapeur doit posséder pour entraîner la colonne liquide à élever est donc égal à :

$$v = \sqrt{2gH \times 2,25}$$

Les formules qui nous ont servi, dans le cas des injecteurs, pour calculer le rapport des diamètres du cône divergent et du cône de vapeur, montrent que, pour élever l'eau à la hauteur qu'elle atteindrait sous la pression de la vapeur, les diamètres des deux cônes signalés doivent être égaux.

Après une série de calculs comparables à ceux que nous avons établis dans le cas des injecteurs, on arrive à la valeur du diamètre  $d$ , du cône divergent :

$$d = \sqrt{\frac{4 P V}{(V - v) \pi v b^2}} \quad (1)$$

Si nous appelons  $K$  le rapport entre la vitesse  $v'$ , que prendrait l'eau de la chaudière, si elle s'échappait, et la vitesse  $v$  du mélange dans l'éjecteur, nous aurons :

$$K = \frac{v'}{v}$$

Mais ce rapport  $\frac{v'}{v}$  est égal au rapport  $\frac{d'}{d}$  des diamètres du cône de vapeur et du cône divergent.

On peut donc écrire :

$$\frac{d'}{d} = K$$

et par suite :  $d' = dK$ , ce qui détermine  $d'$ , quand  $d$  est donné par la formule 1.

On peut déterminer directement le diamètre du cône de vapeur, en remarquant que, d'après la théorie émise pour les injecteurs, on a :

$$P' = \frac{P v}{V - v}$$

On peut donc écrire :

$$\frac{P v}{V - v} = \pi \frac{d'^2}{4} V b$$

d'où l'on tire :

$$d' = \sqrt{\frac{4 P v}{(V - v) \pi V b}} \quad (2)$$

Afin de donner un exemple de l'application de ces formules, supposons qu'on ait à déterminer un éjecteur capable de monter 15,000 litres d'eau par heure à une hauteur de 20 mètres avec une pression de vapeur de 8 kilogrammes.

Si nous comptons seulement sur un coefficient de rendement de 0,80, il faudra s'imposer un débit théorique de  $\frac{15000}{0,8} = 18,750$  litres.

Puis, nous aurons successivement :

$$P = \frac{18750}{3600} = 5,208$$

$$v = \sqrt{2gH} \times 1,5 = \sqrt{576} = 24 \text{ mètres}$$

$$v' = \sqrt{2gH} = \sqrt{1600} = 40 \text{ mètres}$$

$$V = \sqrt{2g \frac{10000 t}{b}} = 638 \text{ mètres}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 P V}{(V - v) \pi v b'}} = 0,017$$

soit 17 millimètres.

$$d' = d K = d \times \frac{24}{40} = 0,017 \times 0,6 = 0,010$$

Si, pour déterminer  $d'$ , nous nous servons de la formule 2 donnée plus haut, nous obtenons :

$$d' = \sqrt{\frac{4 P v}{(V - v) \pi V b}} = \sqrt{\frac{4 \times 5,208 \times 24}{(638 - 24) \pi \times 638 \times 385}}$$

ou

$$d' = 0,010$$

c'est-à-dire qu'on arrive au même résultat.

---

## FOYERS A COMBUSTION MÉTHODIQUE (Système Georges-Alexis Godillot)

---

Il s'agit ici d'un mode d'utilisation tout nouveau des combustibles pauvres, tels que copeaux, tannée humide, déchets de paille de lin, etc.

Depuis de nombreuses années, des recherches ont été faites par des constructeurs et des ingénieurs, en vue d'arriver à une solution de ce problème. Mais de sérieuses difficultés se présentaient, et l'emploi des mauvais combustibles dans les foyers ordinaires dut être abandonné comme ne donnant aucun résultat sérieux.

M. Georges-Alexis Godillot, ingénieur, 50, rue d'Anjou, à Paris, a continué des expériences dans cette voie, et est arrivé à combiner le système de foyer qui semble donner le meilleur rendement.

M. Godillot avait, dans l'enceinte de l'Exposition, trois importantes installations. La première, dans le bâtiment des générateurs Daydé et Pillé, dans la cour de la force motrice, où son système était appliqué aux deux chaudières fournissant la vapeur à la station d'électricité Steinlen et C<sup>ie</sup>. La deuxième, à deux générateurs du groupe de M. Roser, pour la fourniture de la vapeur à une partie du Palais des Machines. La troisième, enfin, à la totalité du groupe de générateurs Davey Paxman, installés dans la station Gramme (cour de l'électricité, entre le Palais des Machines et les Galeries des expositions diverses).

Dans ces trois installations, dont la plus importante est celle de la station Gramme, il s'agissait de prouver que la houille en fines, traitée d'une façon méthodique dans un foyer spécial, combiné pour réduire au minimum les pertes dues à la radiation, peut être d'un emploi aussi, sinon plus avantageux que la houille en gaillettes brûlée dans un foyer ordinaire. Ajoutons que l'épreuve s'est faite sur une marche régulière de six mois, et que les excellents résultats ne sauraient en être contestés.

M. Godillot a dirigé ses premières recherches sur la possibilité d'employer utilement la tannée humide, puis les copeaux humides dont se composent les résidus des fabrications d'extraits de bois.

Ces deux corps, dont la seule présence constitue pour les usines un embarras manifeste, avaient comme combustibles des qualités très inférieures. Il s'agissait donc de combiner un appareil qui fût capable, non seulement d'utiliser le ma-

ximum du calorique produit par les corps en question, mais de conserver le feu sur la grille avec régularité, et d'éviter les extinctions qu'on pouvait redouter par suite de l'introduction de nouvelles charges de combustible humide.

Les copeaux, étudiés en premier lieu par M. Godillot, étaient les résidus d'une décoction ne laissant au bois que sa cellulose et une très forte proportion d'eau (66 % d'humidité pour 34 % de ligneux).

La capacité calorifique du ligneux étant déjà très faible (3,800 calories environ), on peut juger des faibles qualités que présentait un semblable combustible.

La constitution de ce résidu peut être, en tenant compte des différences de capacité calorifique, assez justement comparée à celle d'un corps dans lequel on trouverait 20 % de houille ordinaire pour 80 % d'eau.

L'élément de la combustion n'existe cependant pas moins dans ces corps et l'on comprend que, de ce fait, ils soient capables de rendre de grands services tout en étant d'un prix extrêmement réduit.

Toutefois, pour traiter de semblables matières, on admet que la grille ordinaire est très insuffisante. Comme nous le faisons remarquer précédemment, dans le cas où l'on serait arrivé à faire prendre feu à des matières humides chaque nouvelle charge troublerait l'allure du foyer en obstruant les passages de l'air nécessaire à la combustion.

Or, pour chauffer convenablement un générateur d'usine, il est absolument indispensable de ne pas être sous la menace de ces sortes d'avaries ; en d'autres termes, il est utile d'avoir en sa possession tous les éléments d'une marche régulière.

M. Godillot a atteint d'une façon fort satisfaisante le but qu'il s'était proposé et il est arrivé à satisfaction en imaginant un fourneau dans lequel il a placé une grille spéciale à gradins appelée grille-pavillon.

Cette grille a la forme d'un demi-cône. Elle est constituée par une série de barreaux demi-circulaires disposés en plans horizontaux les uns sur les autres. Les diamètres de ces barreaux vont en diminuant de la base au sommet. Ils se recouvrent à la façon des lames de persiennes et leurs bords extérieurs sont fortement arrondis afin que les poussières les plus fines puissent descendre le long des étagements mais ne jamais tomber sous la grille.

Il n'est pas à dire que la grille à étagements ou à gradins soit une application entièrement due à M. Godillot.

Ces grilles sont très anciennement connues mais elles n'avaient pas encore été l'objet d'études aussi sérieuses ni aussi bien disposées pour être alimentées mécaniquement de combustibles pauvres et encombrants.

Le trait caractéristique de la grille à gradins est l'arrivée de l'air sur le combustible par couches horizontales à travers des ouvertures de grande section qui s'opposent à la perte des menus fragments. Les charges se font d'une façon con-

tinne par la porte qui se trouve à la hauteur du gradin supérieur. Le combustible descend au fur et à mesure de sa transformation, le long du plan incliné formé par les barreaux jusqu'à la partie inférieure où les cendres seules sont abandonnées.

Les grilles à gradins sont appliquées depuis très longtemps dans les usines métallurgiques d'Autriche. En Carinthie, aux forges domaniales de Neuberg, on les emploie depuis le milieu du siècle sous des fours servant à la dessiccation du bois, ou mieux à la transformation en ligneux du bois servant aux opérations métallurgiques. Ces fours étaient chauffés au bois et aux déchets.

En 1854, des essais sur l'emploi de la grille à gradins furent faits à l'usine Cail et à l'atelier central des Chemins de fer du Nord par MM. de Marsilly et Chobrzinski.

En 1855, une chaudière Farcot fonctionnait à l'Exposition et était munie d'une grille à gradins. L'application de cet organe fut même faite à des locomotives de la C<sup>e</sup> des Chemins de fer du Nord. Il a toujours été remarqué, au cours de ces diverses expériences, que l'emploi des grilles étagées comportait sur celui des grilles ordinaires, l'avantage d'une fumivorté relative.

Pour desservir une grille de générateur à vapeur au moyen d'un combustible de densité inférieure et doué d'un faible pouvoir calorifique, on conçoit qu'il faille en employer beaucoup et que le chargement à la main de ces grands volumes de matières entraîne avec lui un supplément de main-d'œuvre.

Pour donner une idée de l'embarras qu'on trouve à alimenter une chaudière au moyen des combustibles pauvres dont il est question, nous donnons ci-après le tableau comparatif de quelques-uns d'entre eux avec leurs chaleurs spécifiques respectives, leurs densités et pour chacun d'eux le poids et le volume de matière dont l'effet utile correspond à celui de 1.000 kilogrammes de charbon.

NATURE des COMBUSTIBLES	Humidité %	Puissance calorifique	Poids de 1 mètre cube	Poids de matière équivalente à 1000 <sup>k</sup> de charbon	Volume de matière équivalente à 1000 <sup>k</sup> de charbon
Tannée humide . . . . .	68	960	600 <sup>k</sup>	9400 <sup>k</sup>	<sup>mc</sup> 20,300
Tannée essorée . . . . .	52	1730	326	5200	20,700
Copeaux (fabrique d'extraits) . . . . .	62	1520	500	6000	14,300
Sciure humide . . . . .	40	1860	300	5000	21,700
Bagasse verte (déchets de canne à sucre) . . . . .	55	2000	150	4500	39,000
Cossette (déchets de canne traités par diffusion) . . . . .	60	1800	170	5000	34,100
Tourbe . . . . .	65	2000	600	4500	10,000
Copeaux secs (chêne) . . . . .	14	3254	258	2800	14,100
Balles de riz . . . . .	12	2810	140	3200	29,700
Déchets de lin . . . . .	29	2182	260	4200	20,600

On voit, par exemple, d'après ce tableau, quelle est la difficulté qui résulte de l'emploi comme combustible de la bagasse verte ou déchets de canne à sucre. Il faut pour remplacer l'effet utile de 1.000 kilogrammes de charbon employer 39 mètres cubes de bagasse !

Pour atténuer cet inconvénient, M. Godillot a eu recours à un moyen de chargement mécanique du foyer. Ce moyen, d'ailleurs, s'imposait et la grille-pavillon se prêtait fort bien à cette combinaison.

L'alimentation mécanique se fait au moyen d'une hélice en fonte nommée hélice à auget croissant. Le mouvement de cette pièce amène sur la tête de la grille un courant continu de combustible qui se répand, dès son entrée, sur toute la surface extérieure des barreaux.

Les combustibles ligneux qui se présentent sous la forme de tiges et de fragments très irréguliers, tels que la bagasse, s'écoulent assez difficilement. Afin que l'action de l'hélice soit toujours utilement développée, on a donné à cet organe une forme particulière : l'âme au lieu d'être parfaitement cylindrique, a la forme d'un cône dont la pointe est dirigée vers le foyer ; de plus l'intervalle existant entre les filets de l'hélice, c'est-à-dire la largeur même de l'auget va en croissant en s'approchant de la pointe du cône.

Ce dispositif empêche le combustible de venir à un moment quelconque, boucher l'hélice et s'opposer à sa marche. Dans le cas où le combustible est, au contraire, d'un écoulement facile, la forme de l'hélice lui permet de puiser ce combustible sur toute la longueur de la trémie dans laquelle elle tourne et par suite d'assurer une alimentation plus régulière.

La grille-pavillon de M. Godillot peut être disposée sous le générateur lui-même ou dans un fourneau indépendant d'où sortent les flammes et les gaz de la combustion en passant à la partie supérieure d'une cloison qui sépare la chambre du foyer des carneaux de la chaudière.

Lorsque la grille est établie dans un fourneau spécial, on peut diminuer les déperditions de calorique par les parois du foyer en établissant autour de ces parois une circulation de l'air qui se rend au cendrier. Cette disposition a double avantage ; celui d'interposer entre le foyer et l'air extérieur un matelas d'air mauvais conducteur, et celui d'amener sous la grille, de l'air comburant déjà porté à une température élevée. La voûte qui forme la paroi supérieure du foyer est percée de deux ouvertures rondes qui sont en marche normale fermées par des portes : la première de ces ouvertures sert de regard pour examiner le feu, la deuxième peut permettre de charger le combustible à la main dans le cas où le fonctionnement du mécanisme de distribution serait arrêté ou entravé par une cause quelconque ; le chargement à la main peut être également nécessaire le matin à l'allumage et jusqu'à ce que le moteur qui actionne le mécanisme soit en état de marcher.

Le procédé Godillot pour l'emploi des mauvais combustibles compte à ce jour

un grand nombre d'applications intéressantes dans lesquelles les meilleurs résultats ont été obtenus.

Citons comme exemple celle de MM. Luc et Patin, fabricants d'extraits de bois de chêne à Nancy. Dans cette usine, il s'agit d'employer comme combustible des copeaux renfermant 62 % d'humidité.

Le foyer est au-dessous de la maçonnerie de la chaudière, sous une voûte spéciale. Cette combinaison, différente de celle qui consiste à placer la grille directement sous le générateur est employée lorsqu'il faut utiliser comme combustibles des matières très chargées d'humidité.

Ces matières donnent, en effet, naissance à des gaz chargés d'eau et par conséquent d'une température peu élevée. Il importe donc de mettre à une certaine distance de l'endroit où s'effectue le mélange des gaz, la surface extérieure du générateur qui a pour effet immédiat d'abaisser encore la température de ce mélange.

La combustion de ces copeaux humides s'effectue dans cette installation d'une façon fort complète. L'hélice à auget croissant les amène très régulièrement au sommet de la grille-pavillon où ils se dessèchent préalablement, s'échauffent et prennent feu. Ils descendent sur la pente du cône en couches minces et arrivent sur la grille horizontale inférieure où les cendres viennent s'amasser. Ces cendres sont faciles à retirer, soit par les portes latérales de nettoyage, soit au moyen d'un crochet ou d'un ringard introduit entre le pavillon et la grille plane du bas.

La distribution du combustible dans la trémie est faite d'une façon très régulière au moyen de vis sans fin commandées par des courroies. Les transmissions de mouvement sont faites par cônes, ce qui permet de modérer ou d'activer la marche du générateur. Dans ce cas, le registre doit être tenu à une ouverture convenable correspondant à la vitesse de distribution du combustible.

En général, les installations faites par M. Godillot ont montré que la combustion s'effectuait beaucoup mieux que dans les foyers ordinaires et que la régularité de la marche qui en résultait évitait les chances de coups de feu. Les rentrées d'air sont, on le comprend, complètement supprimées, le conducteur de la chaudière a beaucoup moins de mal, et la fumivorité est presque complète même lorsqu'il s'agit de corps gras à flammes fuligineuses.

Des essais de vaporisation ont été faits dans le cours de ces dernières années dans la plupart des installations faites par M. Godillot. Des constatations ont été faites cette année à l'Exposition sur le même sujet dans les groupes de générateurs munis de son système, foyer à grille inclinée. Tous les chiffres de ces expériences indiquent en faveur des foyers Godillot des productions de vapeur qu'on n'avait pas encore atteintes par d'autres méthodes.

Chez madame V<sup>e</sup> Gondolo, propriétaire d'une fabrique d'extraits de bois à Nantes, une chaudière à grille ordinaire, chauffée avec des copeaux de châtaignier à 66 % d'humidité vaporisait 240 grammes d'eau par kilogramme de ce

combustible. La même chaudière munie du foyer Godillot vaporisait 1300 grammes par kilogramme du même combustible en supprimant l'occupation pénible du chauffeur.

Aujourd'hui, l'importante usine de Madame V<sup>o</sup> Gondolo possède six générateurs à vapeur munis des appareils Godillot. Ces six générateurs représentent une surface de chauffe totale de cinq cents mètres carrés.

Chez MM. Luc et Patin, fabricant d'extrait à Nancy, M. Godillot à muni de ses foyers sept chaudières représentant également 500 mètres carrés de surface de chauffe totale. Les propriétaires de cet importante installation comptaient sur une dépense de 1000 kilogrammes de charbon ordinaire pour une production de 1000 kilogrammes d'extrait. La production totale atteignant aujourd'hui 18 tonnes par jour, on est en droit de dire que l'économie peut être représentée chaque jour par le prix de 18000 kilogrammes de houille, puisque l'emploi de ce combustible a été supprimé.

Dans les conditions ordinaires, avec de la tannée essorée à 55 % d'humidité on n'arrive guère qu'à une production de vapeur de 450 grammes de vapeur. Avec les appareils Godillot, dans des expériences conduites par M. Compère, on a constaté 1700 grammes.

La Compagnie de Fives-Lille a adopté le système des foyers à combustion méthodique dans l'usine qu'elle a montée à Vono-Pringo (Ile de Java). Dans cette installation, le combustible employé est cossette, résidu provenant de l'extraction du sucre de canne par diffusion.

Depuis cette installation, qui a mis en relief la valeur des appareils Godillot, une surface de chauffe totale d'environ 22000 mètres carrés de chaudières en a été dotée.

M. Godillot a dû étudier le cas spécial du traitement des combustibles encombrants très inflammables, tels que les copeaux secs de raboteuse, les déchets de teillage du lin, du chanvre et de la décortication de la ramie. Il était en effet important de mettre à l'abri des flammes trop vives, la provision de combustible encore dans la trémie. Un important exemple de ce traitement des copeaux secs est l'installation faite chez MM. Trystam et C<sup>ie</sup> à Dunkerque sur trois chaudières représentant ensemble environ 200 mètres carrés de surface de chauffe.

Le tableau ci-contre donne la liste d'une série d'essais dont les résultats ne sauraient être contestés; ils sont pris parmi ceux qui ont été conduits avec le plus de précision. On trouvera dans ce tableau, avec la nature expérimentée comme combustible, la vaporisation d'eau obtenue par unité de poids du combustible considéré.

ESSAIS DE VAPORISATION FAITS AVEC LE FOYER GODILLOT

DATES des ESSAIS	INGÉNIEURS AYANT DIRIGÉ LES ESSAIS	NATURE du COMBUSTIBLE expérimenté	HUMIDITÉ CONTENUE 0/0 après séchage à 110 degrés	CHAUDIÈRE EXPÉRIMENTÉE			POIDS DE VAPEUR	
				TYPE	Surface de chauffe totale	PRESSION moyenne de marche	produit par kilog. de com- bustible brut	rapporté à 1 kil. de com- bustible net
25 avril 1885	M. Compère, Ingénieur de l'Association parisienne des propriétaires d'appareils à vapeur.	Sciure et copeaux provenant des ateliers de menuiserie	13,36	A bouilleurs 2 réchauffeurs.	82m <sup>2</sup>	5 <sup>k</sup>	3,200	3,610
14 mai 1885	M. Compère, Ingénieur de l'Association parisienne des propriétaires d'appareils à vapeur.	Tannée essorée	55	Semi-tubulaire.	45m <sup>2</sup>	5 <sup>k</sup>	1,785	3,970
3 et 4 juin 1885	M. Walther-Meunier, Ingénieur de l'Association alsacienne des propriétaires d'appareils à vapeur	Copeaux humides d'une fabrique d'extraits	62,30	Semi-tubulaire.	100m <sup>2</sup>	5 <sup>k</sup> ,7	1,450	3,840
26 février 1886	M. Compère, Ingénieur de l'Association parisienne des propriétaires d'appareils à vapeur.	Déchets de paille de lin provenant du teillage	29,50	A bouilleurs 2 réchauffeurs.	82m <sup>2</sup>	5 <sup>k</sup>	2,700	3,829
16 octobre 1885	M. Vinçotte, Ingénieur de l'Association belge des propriétaires d'appareils à vapeur. M. Dwelshauvers-Dery, professeur à l'Université de Liège.	Sciure de bois de sapin	33,75	Multi-tubulaire.	213m <sup>2</sup>	5 <sup>k</sup> ,56	2,541	3,835
20 mai 1886	M. Compère, Ingénieur de l'Association parisienne des propriétaires d'appareils à vapeur.	Déchets de paille de ramie provenant de la décortication	10,59	A bouilleurs 2 réchauffeurs.	82m <sup>2</sup>	4 <sup>k</sup> ,42	3,300	3,690

Ce tableau montre qu'avec des combustibles de nature fibreuse contenant de 13 à 62 % d'humidité, la vaporisation par kilogramme de matière brute varie de 3 k. 300 à 1 k. 450. On ne saurait que se féliciter de l'obtention d'un pareil résultat. Ces chiffres de production correspondent à un rendement voisin de 85 % si l'on déduit la chaleur absorbée par l'humidité des matières.

On conçoit que le procédé de combustion méthodique que nous venons de décrire devait être appliqué aux combustibles riches comme il l'avait été aux combustibles doués d'un faible pouvoir calorifique. On devait obtenir avec le foyer Godillot des résultats bien différents de ceux qu'on obtenait avec les procédés ordinaires. L'application du système s'imposait donc.

Toutefois, pour traiter avec avantage la houille dans le foyer Godillot, il fallait d'abord supprimer deux inconvénients principaux :

1° La grille en fonte à barreaux ordinaires ne résistait pas à l'intensité du feu ;

2° La houille s'attachait après les barreaux et le nettoyage de la grille devenait extrêmement pénible.

Pour combattre ces difficultés, M. Godillot a imaginé d'établir dans les barreaux de la grille une circulation d'eau, ce qui supprimait l'adhérence de la houille à la fonte en maintenant la température de la grille relativement basse.

Cette nouvelle grille prit le nom de grille à bassins étagés : elle a la même forme que la grille-pavillon, mais chacun de ses barreaux porte une nervure plongeant dans une cuvette. L'eau est introduite au bassin du sommet elle descend en cascades et arrive finalement au cendrier.

Dans ce nouvel appareil on put arriver à faire un très bon emploi de la houille et du coke, de l'antracite, du lignite et même de la tourbe réduite à l'état pulvérulent.

En 1888, la première application en fut faite à Saint-Denis (Seine) chez M. E. Coëz et C<sup>ie</sup> pour brûler des fines de houille au lieu de charbon tout venant d'un prix de revient bien supérieur. L'économie réalisée par l'installation du foyer Godillot représente environ 30 % de l'ancienne dépense.

A l'Exposition dernière, M. Godillot avait installé treize foyers à bassins étagés. Ces treize foyers ont fonctionné sans aucune avarie pendant les six mois d'exposition en donnant les meilleurs résultats.

Nous donnons dans l'atlas correspondant à ce fascicule les vues des trois installations de M. Godillot.

Dans la station de MM. Dayd et Pillé, deux chaudières système Lagosse et Bouché avaient été soumises à l'essai. Elles avaient chacune une surface de chauffe de 120 mètres carrés.

La grille à bassins étagés est ici placée directement sous la chaudière ; un petit monte-charge élève le combustible dans une trémie placée en dehors du bâtiment. De là, des vis sans fin l'amènent devant les chaudières et le distribuent

dans un auget placé devant chaque foyer. Le combustible est pris dans cette capacité au moyen de l'hélice à auget croissant et est amené à la grille à la façon ordinaire.

Dans l'installation Roser où deux chaudières étaient munies du foyer Godillot, on avait respecté les façades en plaçant les grilles au sous-sol. Un système fort simple de vis sans fin prenait les fines de houille au niveau du sol dans la cour située derrière le bâtiment et les amenait au même niveau devant les chaudières. De là elles étaient conduites à chaque foyer.

Nous avons dit au commencement de cette note que la plus importante installation de M. Godillot à l'Exposition était celle de la station Gramme, dont les machines dynamos étaient conduites par des machines motrices et des générateurs Davey Paxman. Il serait juste de dire aussi que cette installation était celle où se présentaient les plus grandes difficultés, en raison du service très chargé et très irrégulier qu'il s'agissait d'assurer.

En effet, quatre des neuf générateurs de la station Davey Paxman alimentaient de vapeur la section des Etats-Unis dans le Palais des machines et cette section avait pendant la journée des variations très considérables de consommation de vapeur.

De plus, les cinq autres générateurs étaient chargés d'alimenter les machines conduisant les dynamos pour les fontaines lumineuses. Or, on sait que les fontaines marchaient par séances de 20 minutes avec intervalles de 20 minutes d'arrêt entre deux séances. Le problème de la distribution mécanique du combustible était donc là fort complexe. Il a été résolu d'une façon très satisfaisante, en introduisant dans les commandes de vis sans fin des variations de vitesse faciles à produire.

On peut dire que M. Godillot a parfaitement résolu la question de principe dans ses appareils ; il n'est pas moins juste d'ajouter qu'il a étudié très soigneusement les plus petits détails de ses installations. Il a pu, pendant toute la durée de l'Exposition assurer des services importants et cela, sans un arrêt anormal, sans une avarie, sans un reproche.

Nous avons sous les yeux le résumé d'un grand nombre d'essais de vaporisation faits sur les foyers Godillot. Il nous est impossible de donner tous les résultats qui se dégagent de ces essais. Nous allons seulement donner quelques-uns de ces résultats en commençant par un extrait du *Bulletin de l'Association parisienne des propriétaires d'appareils à vapeur* ; nous y trouvons le compte-rendu d'un essai fait avec la grille Godillot sur une chaudière à bouilleurs enterrée, de 72 mètres carrés de surface de chauffe.

Les résultats de cet essai peuvent être condensés dans le tableau suivant :

DÉSIGNATIONS	GRILLE ORDINAIRE		GRILLE GODILLOT 4 décembre Chaudière isolée par un joint plein
	11 mai 1888 chauffage habituel	15 nov. 1889 conduit par l'Inspecteur de l'Association	
Eau vaporisée ramenée à 5 kil. et à 0° par kil. de charbon brut . . . . .	6 <sup>k</sup> ,09	6 <sup>k</sup> ,70	8 <sup>k</sup> ,58
Eau vaporisée ramenée à 5 kil. et à 0° par kil. de charbon pur. . . . .	6,62	7,22	9,51
Eau vaporisée ramenée à 5 kil et à 0° par heure et par mètre carré de surface de chauffe . . . . .	15,45	13,70	16,50
Eau vaporisée ramenée à 5 kil. et à 0° par heure et par mètre carré de plan d'eau	100	88,18	103,29
Eau vaporisée ramenée à 5 kil. et à 0° par heure et par mètre cube de chambre de vapeur . . . . .	236	207,92	243,53
Tirage à la base de la cheminée . . . .	28 <sup>m</sup> / <sub>m</sub>	28 <sup>m</sup> / <sub>m</sub>	28 <sup>m</sup> / <sub>m</sub>
Tirage seulement adopté d'après le degré de fermeture du registre . . . . .	3 »	3 »	3 »

Des expériences ont été faites sur le foyer Godillot en mars 1885, chez MM. de Naeyer et C<sup>ie</sup>, à Willebroeck, avec de la sciure humide contenant 45 à 50 0/0 d'humidité, comme combustible.

Le poids d'eau vaporisée par kilogramme de combustible humide a été en moyenne de 2 k. 200, l'eau d'alimentation étant prise à 8 degrés centigrades et la pression dans la chaudière, 7 atmosphères.

Chez MM. Luc et Patin, dont il a déjà été parlé, deux expériences faites en mai et juin 1885, ont montré que des copeaux humides avaient donné une production de vapeur de 1 k. 490 en moyenne par kilogramme de combustible.

Nous pourrions continuer la série de ces citations; elles indiqueraient toutes des résultats que le chauffage méthodique seul est capable d'atteindre.

Nous donnons dans l'atlas, avec les vues principales des trois intéressantes installations de M. Godillot à l'Exposition, un dessin de détail de la grille à bassins étagés.

Ce dessin montre la disposition des nervures et des cuvettes destinées à assurer la circulation de l'eau dans l'appareil.

Nous terminons ici ce court exposé des procédés si nouveaux de M. Godillot. La description d'appareils aussi intéressants avait sa place toute marquée à la suite de l'étude que nous avons faite sur les générateurs à vapeur.

## APPAREILS ACCESSOIRES DE GÉNÉRATEURS

### Grille articulée, système Wackernie

---

La grille articulée système Wackernie est connue depuis fort longtemps. On sait que son but est de faciliter l'évacuation des cendres et de décoller le mâchefer adhérent aux barreaux sans que pour cela, il soit besoin d'ouvrir les portes du foyer.

L'idée de la grille articulée revient entièrement à M. Wackernie, d'Esquelbecq (arrondissement de Dunkerque) ancien directeur des filatures de lin dans le département du Nord.

L'appareil tout d'abord breveté est loin de ressembler au type actuel : il n'en constituait pas moins un perfectionnement très sensible sur les anciennes grilles ordinaires. Les barreaux étaient, dans le premier type, rangés côte à côte et séparés seulement par des ergots venus de fonte avec chacun d'eux. Ces barreaux reposaient à l'une de leurs extrémités sur un arbre fixe ; à l'autre, sur un arbre mobile mis en mouvement au moyen d'équerres actionnées par un levier se manœuvrant de l'extérieur du foyer.

En 1878, à l'Exposition Universelle une grille-tisonnier système Wackernie avait été montée sous un des générateurs de la Compagnie de Fives-Lille ; elle fit un service de six mois sans exiger le remplacement d'un seul barreau.

A la suite de l'Exposition, la raffinerie Say à Paris fit des essais de vaporisation sur plusieurs de ses générateurs en employant les grilles Wackernie. Ces essais eurent des résultats tels que la raffinerie Say se fit céder la concession pour la construction de toutes les grilles qui lui seraient nécessaires par la suite.

A partir de cette époque des perfectionnements successifs furent introduits dans la construction des grilles Wackernie ; les barreaux furent absolument isolés les uns des autres et liés aux arbres de support, afin d'éviter le déversement qui pouvait se produire dans l'oscillation verticale du système.

En 1886, MM. Alphonse Wackernie et C<sup>ie</sup> ont imaginé les barreaux en fer à trois lames avec entretoises de longueurs variables permettant de donner aux barreaux l'écartement correspondant à la nature du charbon employé.

*Description.* — La grille articulée, système Wackernie est constituée par la réunion et la combinaison de deux jeux de barreaux pairs et impairs. Chacun des jeux

a une extrémité fixe et une extrémité mobile. La première s'appuie sur un arbre horizontal qui est boulonné sur le cadre même de la grille. La seconde repose sur un arbre également horizontal actionné de bas en haut et de haut en bas au moyen d'équerres reliées au levier de manœuvre.

La disposition est la même à l'arrière qu'à l'avant de l'appareil, c'est-à-dire que l'arbre fixe d'un des jeux de barreaux se trouve du même côté que l'arbre mobile de l'autre jeu.

Les barreaux restent pendant la manœuvre du levier absolument parallèles à eux-mêmes. Il ne se produit ni écartement anormal ni déversement. Le mouvement ascensionnel de chaque série de barreaux est limité à l'amplitude maxima de 5 centimètres.

La disposition générale de l'appareil permet ainsi de faire monter ensemble les barreaux du premier jeu et descendre ceux du second.

Il est important de remarquer que la manœuvre de l'appareil produit un effet identique sur tous les points de la surface de la grille. Il en serait autrement si les deux systèmes de barreaux montaient ou descendaient ensemble. Il se produirait au milieu de la grille un croisement des deux jeux sans effet utile sur le chargement du foyer.

Le mouvement à imprimer au levier de manœuvre ne nécessite aucun effort ; il est, en effet, visible que le poids des barreaux pairs agit en sens inverse de celui des barreaux impairs.

La rapidité de ce mouvement doit être mesurée par le conducteur de la chaudière suivant que les charbons qu'il emploie sont gras ou maigres.

Sous l'action du mouvement de cisaille donné aux deux systèmes de barreaux, le mâchefer adhérent à la grille est soulevé et décollé sur toute la surface de l'appareil. S'il est fortement collé, le mouvement a pour effet de le casser et de l'effriter ; s'il forme au contraire une masse peu adhérente mais compacte, il est détaché en bloc de la surface de la grille, l'air froid arrive sous ce bloc, le gerce et le fendille ; dans les deux cas il finit par tomber dans le cendrier avec les cendres et scories de toutes sortes. Le feu se trouve aussitôt éclairci et ranimé.

On voit que la manœuvre plus ou moins fréquente du levier extérieur a pour effet assuré de permettre le passage plus libre de l'air entre les barreaux. Le dégrasage qui, dans les grilles ordinaires ne peut être opéré sans qu'il en résulte une grande perte de calorifique par rayonnement, est ici possible à tous les instants sans cet inconvénient.

On peut ainsi arriver à brûler sur une même surface de grille un poids plus considérable de combustible dans le même temps. Cette disposition est donc avantageuse en maints cas.

Quand la chaudière est arrêtée, si on veut nettoyer le foyer et la grille d'une façon complète, on commence par écarter le feu et le pousser sur les côtés de la

grille. Le mâchefer restant après la grille se trouve alors en contact avec l'air froid en dessus et en dessous ; de rouge et pâteux, le mâchefer devient noir et sec. Un seul mouvement de la grille suffit pour le détacher en galettes ou le briser en menus morceaux.

L'échantillon des barreaux de la grille a, comme on peut le penser, préoccupé l'inventeur d'une façon toute particulière.

La condition principale qu'il a dû s'imposer a été un tirage constant aussi énergique que possible. Pour arriver à une solution satisfaisante de ce problème, M. Wackernie a fait varier pendant plusieurs années d'études l'épaisseur des barreaux en fonte de sa grille de 10 à 25 millimètres. Les résultats ont été soigneusement enregistrés. Les barreaux à faible écartement s'usaient très rapidement, à raison de l'activité du passage de l'air ; les barreaux à grand écartement étaient lourds et peu pratiques dans un appareil industriel, quoique leur emploi permit de ne pas craindre l'usure rapide.

De plus ces barreaux nécessitaient dans leurs interstices des entretoises nombreuses qui diminuaient dans une notable proportion la section du passage de l'air.

M. Wackernie avait remarqué également, au cours de ses expériences que les barreaux en fonte à plusieurs lames réunies commençaient toujours à se détériorer par les entretoises qui se cassaient au retrait. Il fut conduit à adopter les barreaux à lames en fer réunies par des entretoises, chaque lame présentant à la partie supérieure une table de 18 millimètres de largeur.

C'est en 1886 que les barreaux en fer furent adoptés. L'épaisseur des lames fut conservée à 18 millimètres afin de permettre aux industriels de les faire fabriquer en fonte ou en fer suivant l'avantage qu'ils croiraient y trouver.

Les barreaux Wackernie sont constitués par trois lames de fer profilé, réunies par des entretoises d'épaisseur variable, ce qui permet de donner des écartements très réguliers de 4 à 12 millimètres suivant la nature des charbons employés.

Les entretoises sont situées au-dessous du feu à environ 30 millimètres du plan de la grille et leur dilatation ne tend pas à déformer le barreau. La surface des vides de la grille se trouve par cette disposition, augmentée ; on peut donc resserrer les barreaux et consommer des fines de houille.

Les rivets d'assemblage sont distancés de sorte que les barreaux en fer constituent une masse rigide et ne se déformant pas au feu malgré la longueur qu'ils peuvent atteindre.

Depuis l'année 1886, MM. A. Wackernie et C<sup>ie</sup> ayant reconnu que la forme donnée par eux aux barreaux en fer augmentait encore le tirage de la grille ont été conduits au bout de quelques mois, à supprimer les grands écartements de 11 et de 10 millimètres puis ensuite ceux de 9 et 8 millimètres.

Depuis plus d'un an, on n'emploie plus sur les grilles nouvelles que les écartements suivants :

Charbons gras, feux violents .	$e = 0,007$ soit 28	% de vides
» demi-gras, feux vifs .	$e = 0,006$ » 25	% »
» maigres, feux lents .	$e = 0,005$ » 21,75	% »
Ventilateur ou soufflerie. . .	$e = 0,004$ » 18,18	% »

La grille Wackernie présente sur la grille ordinaire un certain nombre d'avantages. Ces avantages sont tous une conséquence de la commodité avec laquelle on peut éclaircir le feu en le débarrassant des scories et des mâchefers qui empêchent l'accès de l'air.

Par suite de la rapidité avec laquelle ces résidus peuvent être expulsés, il importe de faire remarquer que dans la grille Wackernie la surface des vides peut être tenue constante. Le tirage naturel est donc le même à tous les instants et la combustion, plus régulière, donne une économie sensible dans la consommation.

Les décrassages sont alors moins fréquents, le travail des chauffeurs moins pénible et la durée des éléments de la grille, par suite de la propreté dans laquelle ils sont tenus est notablement augmentée.

La grille Wackernie, est, nous devons le dire, d'une construction très soignée. Elle possède un mécanisme extrêmement robuste et ne se dérangent pas sous l'action du feu.

La partie mécanique de la grille Wackernie est formée de pièces en fer toutes situées au dessous du feu à une distance minima de 0,12 et constamment rafraîchies par le courant d'air.

Afin que le mouvement des barreaux mobiles ne soit jamais entravé, on a imaginé la disposition suivante :

Les barreaux latéraux des grilles sont fixes ; ils sont destinés à résister à la poussée des briques du foyer ; on les appelle barreaux morts.

Le barreau-traverse, situé près de l'autel, est fixe pour la même raison, ainsi que le barreau-traverse d'avant.

On voit que les barreaux mobiles se trouvent enfermés dans un cadre indéformable de barreaux fixes et que leur mouvement n'est contrarié par quoi que ce soit.

Le cadre indéformable de la grille repose sur quatre fiches en fer, scellées dans les murs du foyer. La pose de ces quatre fiches mérite les plus grands soins. Il faut veiller à ce qu'elles soient exactement d'équerre entre elles et situées dans le même plan horizontal.

Quand les grilles atteignent une largeur supérieure à 2 mètres il est à craindre que la charge des barreaux ne provoque la déformation des arbres et par suite ne nuise au bon fonctionnement de l'appareil.

La grille Wackernie est alors installée avec double levier, l'un à droite, l'autre à gauche, chacun actionnant une moitié de grille indépendante. Cette disposition

est très avantageuse pour le dégrassage du feu. Le chauffeur ramène tout d'abord le combustible sur une des moitiés de grille, dégrasse l'autre moitié d'une manière complète et y ramène tout le bon charbon. Il charge avec du charbon frais et dégrasse enfin la première moitié de grille.

Cette disposition facilitant de beaucoup l'opération du dégrassage des feux, bon nombre d'industriels l'ont adoptée pour les grilles de longueur moyenne.

La grille système Wackernie a été appliquée à des chaudières verticales. Son installation est assez facile lorsque le diamètre de la chaudière est suffisant. La partie mobile de l'appareil est de forme carrée. Les barreaux oscillants sont enfermés dans un cadre fixe formé de quatre segments de cercle. Ces segments sont construits en fer ou en fonte, et pour éviter les effets de la dilatation, chacun d'eux est formé de deux ou trois parties.

Dans les chaudières à foyers intérieurs, l'application de la grille Wackernie a pu être faite, moyennant une légère modification dans le mécanisme de l'appareil.

Le faible diamètre des foyers intérieurs ordinaires ne permet pas, en effet, dans tous les cas, d'installer les équerres nécessaires au mouvement des barreaux.

Dans ces cas spéciaux, les arbres fixes sur lesquels repose une des extrémités de chaque barreau, sont rivés au cadre de la grille. Il résulte de ce fait pour l'ensemble une grande rigidité. Les arbres mobiles sont soudés aux extrémités d'un balancier oscillant autour d'un axe horizontal supporté par le cadre. Les barreaux ont dans ce mouvement une amplitude de cinq centimètres.

Ce système est dit « à balancier ». Le mécanisme entier est construit en fer forgé. Enfin le plus souvent, la plaque de chargement d'avant fait partie de la grille elle-même.

Il est bon de remarquer que dans ces applications la grille Wackernie est entièrement amovible et que son déplacement n'entraîne pour le foyer aucune détérioration.

Afin de faciliter son montage on a pris quelques précautions de détails : la plaque de devanture étant déboulonnée, la grille est présentée sur un chariot de manœuvre, constitué par deux paires de roues couplées en fonte. On pousse le système complet dans le foyer ; la grille glisse alors sur six patins arrondis, placés sous le cadre ; elle repose sur ces patins sans qu'il soit besoin de faire aucune rivure complémentaire ni aucun travail de fixation.

S'il s'agit de retirer la grille du foyer, la devanture une fois enlevée, on fait l'opération inverse de celle qui vient d'être signalée et on retire l'appareil sur le même chariot de manœuvre.

*Grilles à bascules.* — MM. A. Wackernie et C<sup>ie</sup> construisent pour certains foyers dont le chargement est continu et s'opère au moyen d'une trémie un système spécial de grilles qu'ils ont nommées grilles à bascules. Ils ont fait de ce modèle nouveau plusieurs applications intéressantes à des fours d'aciérie, fours à chaux, fours à réchauffer, etc.

Ces grilles sont de dimensions très réduites ; cette particularité permet de leur imprimer un mouvement de bascule autour d'un axe horizontal situé près de l'autel.

La grille s'abaisse à l'avant du foyer, son décrassage est très rapide : pendant cette opération la masse du charbon en combustion est soutenue par une grille intermédiaire formée de barres de fer horizontales.

*Grilles pour fours à haute température.* — On sait que dans les fours pour poteries, faiences, porcelaines, etc., la température atteint souvent quinze cents degrés centigrades et que cette température y est conservée pendant plusieurs jours ; on sait aussi que le foyer doit rester fermé jusqu'à refroidissement complet. Dans ces conditions, il est à craindre que le charbon aggloméré à lui-même par la chaleur ne remplisse tous les vides de la grille en s'attachant aux entretoises reliant les barreaux. MM. Wackernie et C<sup>ie</sup>, ont, pour ce cas spécial, étudié et construit une grille dans laquelle les barreaux sont formés d'une seule lame de fer de forte épaisseur et à section triangulaire.

Une manœuvre du levier suffit pour effectuer le décrassage du feu et décoller le charbon ou le mâchefer adhérent.

*Grilles pour chaudières marines.* — Dans le cas des chaudières marines, vu le grand espace dont on dispose pour l'installation des grilles, on a pu construire les grilles Wackernie avec des équerres et les rendre entièrement amovibles au moyen de six galets en acier de 0<sup>m</sup>,07 de diamètre sur lesquels on peut les faire rouler.

La manœuvre de la sortie ou de la rentrée d'une grille dans une chaudière marine est à peu près la même que lorsqu'il s'agit d'une chaudière à foyer intérieur ordinaire. Toutefois cette manœuvre est facilitée par la présence des galets.

Afin d'éviter le démontage de la devanture, on a fait couper les plaques des gueulards à 10 millimètres au-dessus du niveau de la plaque d'avant-foyer.

Deux hommes suffisent pour la sortie de la grille, sa visite, les réparations qu'elle nécessite et sa remise en place.

Il a été fait application de la grille Wackernie sur les steamers « *Ville d'Anvers* » de la Compagnie havraise péninsulaire et « *Uruguay* » de la Compagnie des Chargeurs Réunis.

Sur le premier de ces navires, doté d'un groupe de générateurs de 350 chevaux, une grille fut montée en 1887 avec 11 millimètres d'écartement entre les barreaux au lieu de 14 millimètres, écartement existant entre les barreaux de la grille ordinaire.

Plus tard cet écartement fut réduit à 8 millimètres, dans une deuxième grille montée sur le même navire. Actuellement les deux appareils sont munis de bar-

reaux laissant entre eux des vides de 5 millimètres seulement : la production de vapeur est toujours aussi bonne et les parcelles de charbon fin peuvent être utilisées.

Sur le steamer « *Uruguay* » de la Compagnie des Chargeurs Réunis une première grille fut montée en avril 1888 à l'écartement de 8 millimètres. En décembre de la même année, sept autres grilles furent montées à l'écartement de 6 millimètres sans qu'il en résultât aucune dépréciation dans le tirage. Le steamer « *Uruguay* » d'une force totale de 1600 chevaux est aujourd'hui muni de chaudières possédant neuf grilles articulées système Wackernie.

*Grilles pour locomotives.* — MM. Wackernie et C<sup>ie</sup> ont étudié l'application de leur système de grilles aux foyers de locomotives. Dans le montage qu'ils proposent, le levier est placé verticalement à gauche du chauffeur et se manœuvre horizontalement.

Le mouvement est transmis aux barreaux par un système d'équerres et de bielles en fer forgé.

L'écartement entre les barreaux varie de 5 à 7 millimètres.

Nous ajouterons qu'il n'a été fait jusqu'ici aucune expérience sur cette application nouvelle. Les Compagnies de chemins de fer n'ont pas encore pris cette initiative.

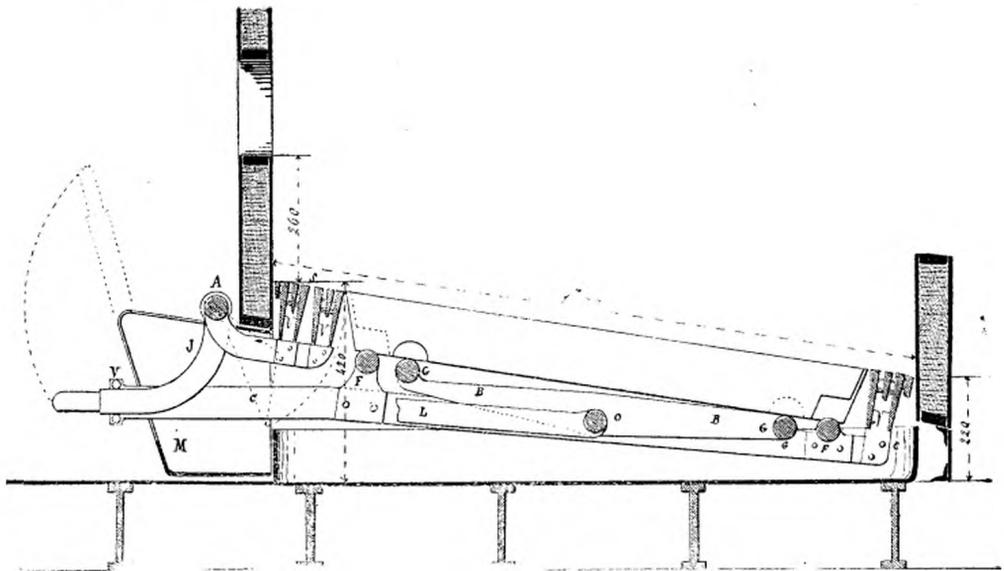


FIG. I. --- GRILLE ARTICULÉE, SYSTÈME WACKERNIE, TYPE A JETTE-FEU

La grille Wackernie a reçu une application dans les chaudières du Steam-Yacht « *La Julie* » appartenant à M. Gaston Menier.

Ce petit bâtiment, attaché au port de Deauville, possède deux chaudières tubulaires, type torpilleur, du système Tornycroft, appliqué dans la marine anglaise.

Les grilles Wackernie montées sur ces chaudières sont basses et inclinées de l'avant à l'arrière des foyers. L'inclinaison est de 0<sup>m</sup>,14 par mètre. L'avant de la grille est à 0<sup>m</sup>,42 du fond du cendrier et l'arrière à 0<sup>m</sup>,22 seulement.

L'exiguïté de l'emplacement accordé aux chaudières n'a pas permis l'installation d'équerres ni de bielles pour la transmission du mouvement aux barreaux. Le système « à balancier » a été adopté. Nous avons parlé plus haut de ce modèle particulier.

L'application de la Grille Wackernie aux 2 chaudières de « *La Julie* » a permis d'atteindre une consommation de charbon de 300 à 350 kilogrammes par mètre carré de grille et par heure, avec ventilateur. Les barreaux de l'appareil se conservent en bon état malgré cette marche forcée.

Toutefois, une difficulté se présentait. Le niveau de la grille étant à 0<sup>m</sup>,25 au-dessous de la porte du foyer, le décrassage du feu était long et pénible, tous les morceaux de mâchefer devant être retirés un à un par le chauffeur. Cette défec-tuosité fit naître l'idée de transformer en jette-feu l'avant de la grille. Par suite de ce perfectionnement, le chauffeur pour décrasser son foyer n'a plus qu'à attirer tout le mâchefer à l'avant de la grille. Un déclanchement mû par un levier à sa portée lui permet de faire basculer cette partie de l'appareil et d'évacuer au cendrier les mâchefers et scories de toutes sortes.

Nous avons successivement examiné les différentes applications qu'on pouvait faire de la grille articulée Wackernie. Nous devons reconnaître que son emploi a toujours donné les résultats les plus satisfaisants. Nous ne saurions donc qu'augurer en faveur de cet intéressant appareil. Les avantages qu'il présente sont d'une évidence complète.

## CHEMINÉE MÉTALLIQUE

(MM. Daydé et Pillé, à Creil)

(Planches 43-44)

---

L'installation des quatre générateurs, système Lagosse et Bouché, dans la cour de la force motrice, derrière le Palais des Machines, est complétée par une cheminée de 35 mètres de hauteur.

Cette cheminée est entièrement métallique. Elle a été construite par MM. Daydé et Pillé, à Creil, dont il a été parlé déjà dans cet ouvrage à propos des générateurs à vapeur.

Elle se compose d'un corps principal de forme cylindrique, constitué par des tronçons superposés, en tôle de fer ou d'acier.

Ces tronçons sont emboîtés l'un dans l'autre, ou réunis par des couvre-joints en tôle.

Le long de la partie inférieure du corps principal sont disposés des contreforts ou montants formant arcs-boutants fixés verticalement à l'enveloppe même de la cheminée. Dans toute la région correspondante à ces montants, l'enveloppe est renforcée au moyen de cercles en tôle et cornières destinés à supporter les réactions. Ce dispositif assure la stabilité de la cheminée et sa résistance à la flexion.

Un certain nombre de cheminées du même type ont été étudiées dans les ateliers de Creil. Le nombre et les dimensions des contreforts verticaux varient suivant le diamètre et la hauteur de la cheminée; ils sont, en général, composés de deux membrures reliées entre elles par des treillis, ce qui donne à l'ensemble de l'ouvrage un aspect de grande légèreté. La base des montants est disposée en empattement sur le massif de fondation. Elle porte un sabot en fonte ou en fer forgé sur lequel elle est boulonnée solidement. Au travers de ce sabot, passe un boulon d'ancrage.

Les boulons d'ancrage, correspondant à chaque sabot de contrefort, transmettent les efforts qui leur sont appliqués à un système de poutrelles noyées dans le massif de fondation, et reliées entre elles de manière à former un cadre rigide. Ces poutrelles, en fer profilé, embrassent un cube de maçonnerie de fondation d'un poids suffisant pour assurer la stabilité de la partie métallique. Ces calculs sont, comme il est juste, faits avec les chiffres qui correspondent à l'action des vents les plus violents.

Le système des cheminées métalliques est peu répandu jusqu'ici. Cependant, elles présentent certains avantages dont il est bon de tenir compte. Leur prix de revient est beaucoup moins élevé pour une même section de tirage et une même hauteur que celui d'une cheminée en briques. En outre de ce premier avantage, la cheminée métallique présente celui, non moins appréciable, d'être d'un poids notamment moindre pour les mêmes données d'installation. Par suite, les pressions sur le sol de la fondation sont très inférieures, et la surface de cette fondation peut être diminuée dans d'assez fortes proportions.

La construction d'une semblable cheminée s'opère d'une façon courante. Elle ne comporte l'exécution d'aucune pièce compliquée.

La division par tronçons distincts de la cheminée elle-même, et de ses contreforts, a pour but d'en faciliter le transport à pied d'œuvre et le montage.

Le montage s'exécute ordinairement en une seule opération. Les joints entre les tronçons sont faits préalablement : ce travail peut être fait au moyen de boulons au lieu de rivets, ce qui en permet plus tard un démontage facile.

La cheminée est ainsi assemblée entièrement dans la position horizontale. On fait en sorte, dans ce montage, que le centre de gravité de la masse soit le plus rapproché possible de l'axe de la fondation. Deux chèvres ou deux perches haubannées, d'une hauteur égale à un peu plus de la moitié de celle de la cheminée, sont dressées de chaque côté de la fondation. La cheminée est prise en équilibre et élinguée dans sa partie médiane. On peut alors mettre au levage.

Dans une cheminée de ce système, la présence des contreforts verticaux et le mode de leur attache au système de poutrelles ancrées dans la maçonnerie, permet de ne pas recourir à l'emploi de haubans. Ces organes sont d'ailleurs d'un aspect peu agréable. En outre, dans certains cas, il est impossible de les employer.

Dans l'installation que MM. Daydé et Pillé ont faite à l'Exposition, il eût été absolument impossible de recourir à cette mesure. Le terrain, environnant le bâtiment de leurs générateurs, était, en effet, entièrement occupé, et on n'a pas dû songer à faire la moindre attache de haubans dans le sol.

Le chapiteau de la cheminée construite par MM. Daydé et Pillé, est terminé et complété par un paratonnerre. Le transport du fluide peut être fait par la cheminée elle-même, les parties métalliques étant toutes solidaires l'une de l'autre. Ces parties métalliques sont en communication avec le sol par des boulons d'ancrage et les poutrelles.

Dans les cas où cette communication semble défectueuse, il est toujours facile d'établir un conducteur spécial en prenant à son installation toutes les précautions ordinaires. Dans ce cas, on peut toutefois se contenter de le relier à la base de la cheminée.

---

## ÉPURATIONS DES EAUX INDUSTRIELLES

(M. Paul Gaillet, à Lille)

---

M. Gaillet, ingénieur constructeur, à Lille (Nord), exposait les appareils qu'il construit couramment pour la transformation des eaux industrielles et des eaux dures en eaux claires et pures pouvant servir à l'alimentation des générateurs.

Deux appareils épurateurs figuraient à l'état inerte dans la Galerie de pourtour du Palais des Machines (classe 52). Ces deux appareils étaient capables de produire l'épuration et la clarification de deux cents mètres cubes d'eau par vingt-quatre heures.

Un troisième épurateur en fonctionnement était installé dans le bâtiment des générateurs de la Compagnie Babcock et Wilcox. On a vu plus haut que ces générateurs alimentaient de vapeur une partie du sixième groupe du Palais des Machines et que leur production normale atteignait 7000 kilogrammes par heure.

La caractéristique principale des appareils étudiés et construits par M. Gaillet est essentiellement l'emploi de nombreux diaphragmes ayant pour but de retenir les dépôts solides et de faciliter leur dissociation. Ces diaphragmes sont disposés de telle sorte que l'eau à épurer ne puisse jamais reprendre les matières qui viennent d'être déposées : celles-ci sont évacuées automatiquement et d'une façon continue.

Il existe sur ce principe ou sur des principes approchant un certain nombre d'appareils de divers systèmes. Il nous a paru juste de distinguer d'une manière spéciale les appareils construits par M. Gaillet comme présentant une série de dispositions avantageuses au double point de vue du principe et de la perfection de la construction.

Les épurateurs du système Gaillet permettent d'une manière absolue de séparer l'eau des sels incrustants qu'elle renferme.

Chacun sait les déplorables effets produits dans les chaudières à vapeur, surtout dans les chaudières à circulation lente, par l'emploi d'eaux calcaires quand ces eaux ne subissent pas de traitement préalable.

Des expériences faites sur la puissance de vaporisation de chaudières incrustées ont permis de constater qu'une couche calcaire de un millimètre d'épaisseur seulement, déposée sur les surfaces de chauffe directes diminuait le rendement de plus de 15 % dans certains cas.

On peut conclure de là quelle est dans la pratique l'utilité d'un appareil qui peut combattre efficacement le dépôt de ces incrustations.

Ajoutons que maintes fois, on est obligé, dans les générateurs alimentés avec des eaux impures, d'effectuer le nettoyage intérieur au moyen de brosses métalliques très dures et même avec le burin, ce qui est une opération longue, pénible et dangereuse pour la conservation des appareils.

L'emploi des désincrustants n'offre dans beaucoup de cas qu'une efficacité relative; l'adhérence des dépôts est empêchée, mais il se forme dans le fond des corps cylindriques ou des bouilleurs une masse boueuse soumise à tous les mouvements du liquide et pouvant donner lieu à des coups de feu. Les appareils connus sous le nom de débourbeurs, dont le rôle consiste à faciliter l'évacuation de ces dépôts non adhérents en les ramenant tous au même point d'extraction, ont parfois un fonctionnement et une efficacité assez problématiques.

Quant aux procédés électriques employés depuis quelque temps pour la précipitation des sels calcaires, leur action est assez comparable à celle des produits désincrustants qui transforment chimiquement les sels sans les éliminer. Ils sont donc soumis aux mêmes critiques.

Le procédé d'épuration employé dans les appareils de M. Gaillet permet de n'envoyer aux générateurs que de l'eau débarrassée complètement des éléments incrustants. La marche de ces générateurs devient alors plus régulière, leur rendement constant atteint une valeur supérieure et, ce qui est aussi un point essentiel à considérer, la sécurité qu'ils présentent est aussi complète que possible.

Les appareils Gaillet ont été appliqués avec succès à l'épuration des eaux devant servir aux lavages des laines, blanchisseries, teintureries, etc., ainsi qu'aux eaux employées dans les sucreries, raffineries, sucrateries, etc.

Dans le lavage des laines, l'emploi de l'eau pure est d'une utilité incontestable. L'eau calcaire ne dissout en effet qu'une quantité de savon relativement minime, les sels de chaux rendant insoluble une dose de savon qui est de cent grammes par mètre cube d'eau employée et par degré hydrotimétrique.

Le degré des eaux ordinairement utilisées pour les usages industriels étant de 30, en moyenne, on voit que les sels qu'elles contiennent rendent 3 kilogrammes de savon insoluble par mètre cube. Ces 3 kilogrammes de savon représentent une perte absolue par chaque mètre cube d'eau; on se fait une idée du préjudice causé dans ces conditions à une usine qui emploie par jour plusieurs centaines de mètres cubes d'eau non épurée.

Les eaux calcaires, en outre de la quantité plus grande de savon qu'elles exigent, rendent rudes et ternes les laines, la soie et les fibres végétales de toutes sortes. Avec l'eau pure, ces matières premières gardent toute leur souplesse, leur brillant et leur résistance.

Dans les fabriques de sucre, les eaux pures sont surtout exigées dans le traite-

ment par diffusion où les sels calcaires pourraient amener de graves désordres.

Dans les fabriques de noir animal, l'emploi des eaux ordinaires charge le noir des sels calcaires qui l'appauvrissent et lui enlèvent ses capacités absorbantes.

Dans le travail particulier de l'osmose, les parchemins sont rapidement détériorés par les eaux dures chargées de sels calcaires. L'eau pure, au contraire, permet d'obtenir un rendement élevé en conservant intacts les pores des feuilles filtrantes.

Les appareils Gaillet effectuent l'épuration chimique des eaux soumises à leur traitement. Nous donnons ci-après la description sommaire du procédé employé :

La purification s'opère, généralement, par l'action de la chaux et de la soude, c'est-à-dire par la méthode de Clark perfectionnée par l'addition de la soude.

La chaux, réagissant sur les bicarbonates solubles, les fait passer à l'état de carbonates neutres insolubles ; la soude, transformée en carbonate de soude pendant l'épuration, réagit sur le sulfate de chaux et donne du carbonate de chaux insoluble et du sulfate de soude.

Le sulfate de soude ainsi formé est soluble en toutes circonstances ; il est neutre et n'offre aucun inconvénient pour les usages industriels.

L'épuration, ainsi pratiquée, élimine donc tous les principes incrustants contenus dans l'eau ; il en est de même pour l'alumine, les oxydes de fer, la silice les matières organiques, etc., qui sont également précipités par l'action de la chaux ou de la soude, en vertu de réactions simples.

Les combinaisons, en vertu desquelles les impuretés solubles sont transformées en impuretés insolubles, donnent naissance à des précipités qui troublent la limpidité de l'eau et dont il importe de faciliter l'évacuation.

Dans ce but, on a employé, pendant plusieurs années, de vastes réservoirs dans lesquels l'eau chimiquement épurée demeurait jusqu'à parfaite clarification, les impuretés se déposant au fond de ces réservoirs.

Mais cette manière d'opérer nécessitait des installations encombrantes et fort coûteuses, en raison de la lenteur avec laquelle s'effectuait le dépôt des précipités.

L'emploi des filtres fut un premier perfectionnement de cette méthode assez simple de clarification. Ces filtres permettaient d'accélérer le travail et de diminuer la capacité des réservoirs de dépôts.

Toutefois, ces appareils étaient assez coûteux et demandaient un grand entretien. Il était nécessaire de renouveler fréquemment la matière filtrante si l'on désirait que les résultats obtenus fussent réguliers et satisfaisants.

Afin d'apporter un remède à ces différents inconvénients, on a cherché à combiner des appareils de décantation permettant d'obtenir la clarification de l'eau sans exiger le repos absolu de cette eau et supprimant d'une façon complète l'usage des filtres de quelque nature qu'ils soient.

Les appareils continus, construits par M. Gaillet, réunissent les qualités que nous venons d'indiquer. Ils reposent sur l'observation raisonnée des faits suivants :

Lorsqu'on laisse en repos dans un vase immobile un liquide chargé de particules solides en suspension, celles-ci, dont la densité est généralement supérieure à la densité du liquide, descendent peu à peu pour se rassembler au bout d'un certain temps au fond du vase.

Les particules qui sont en suspension dans la couche inférieure du liquide n'ont que peu d'espace à parcourir pour être séparées, de sorte que cette couche inférieure tend à se clarifier rapidement. Mais ce résultat est contrarié par la chute des particules solides qui proviennent des tranches supérieures, et la clarification totale n'est opérée que lorsque les matières solides de la couche supérieure du liquide ont parcouru toute la hauteur du vase pour se déposer sur le fond.

Dans la plupart des cas, et notamment lorsqu'il s'agit de clarifier des eaux tout d'abord chimiquement épurées, la densité du liquide ne diffère pas notablement de celle du solide en suspension, il faut un temps très long pour rendre complète la clarification, surtout si les réservoirs de décantation sont d'une grande hauteur.

Si l'on suppose que cette décantation s'opère dans un récipient de 1 mètre de hauteur, entièrement rempli, les particules solides de la couche supérieure devront parcourir un mètre avant de se déposer.

Si l'on divise le vase, sur sa hauteur, en 10 tranches de 10 centimètres chacune, par des diaphragmes, on conçoit immédiatement que les particules solides de chaque tranche n'auront à parcourir, au maximum, qu'un chemin de 10 centimètres.

Il en résulte que l'introduction des diaphragmes aura eu pour conséquence d'assurer le dépôt des matières solides en dix fois moins de temps. Ce principe, dont l'efficacité est évidente lorsqu'il s'agit d'un liquide à clarifier en repos, s'applique encore lorsque ce liquide traverse le vase d'une manière régulière et continue. Mais, comme il est incontestable que le mouvement contrarie la chute des particules solides, il faut disposer le vase de manière à obtenir la solution la plus satisfaisante, si l'on tient à avoir une clarification continue, ce qui est particulièrement désirable pour les usages industriels.

En tous cas, si l'on compare la clarification qui s'opère dans un vase ne contenant aucun obstacle et recevant le liquide à clarifier d'une manière continue par le bas pour le déverser par le haut, avec la clarification qui s'opère dans un vase de même forme muni des diaphragmes dont il est question plus haut, on constate encore que la clarification est dix fois plus rapide dans le second cas que dans le premier.

D'autre part, les particules solides tendent toujours à venir en contact avec toutes les parois du vase, en vertu du principe physique bien connu de l'attrac-

tion moléculaire, de sorte que plus on multiplie les surfaces de dépôt, plus on facilite la séparation des matières en suspension dans le liquide.

On peut donc, en combinant ces deux ordres d'idées, division du liquide à épurer en tranches minces et multiplication des surfaces de dépôt, arriver à assurer la clarification parfaite du liquide dans un vase d'un petit volume, en égard au volume de liquide à clarifier et cela d'une manière continue. On a ainsi établi une sorte de filtre métallique.

Tels sont, en substance, les principes qui servent de base à la construction et à l'établissement des appareils épurateurs du système Paul Gaillet. Il convient d'ajouter qu'en donnant aux diaphragmes une inclinaison convenable, on peut obliger les dépôts qui s'y rassemblent à glisser sur la surface de ces diaphragmes et les conduire ainsi, par des pentes convenablement combinées, dans des collecteurs de dépôts munis de robinets d'évacuation. On peut ainsi assurer d'une manière simple le nettoyage automatique de l'appareil.

Ces principes de conformation intérieure des appareils d'épuration peuvent s'appliquer aux formes de vases les plus diverses. La disposition et la forme des diaphragmes dépendront naturellement de la disposition et des dimensions du récipient lui-même.

Trois dispositions différentes sont généralement employées dans la pratique, pour les appareils du système Gaillet : la première comporte un appareil de décantation vertical, occupant par suite très peu de place sur le sol, mais présentant une hauteur assez considérable ; la deuxième comporte un décanteur horizontal ; la troisième correspond à un appareil cylindrique du type vertical ; ce dernier type est le plus nouveau, il présente des dispositions intéressantes que nous examinerons plus loin.

## I. — DÉCANTEUR VERTICAL.

Le décanteur vertical se compose d'une caisse rectangulaire divisée, suivant la hauteur, en 15 tranches par 15 diaphragmes inclinés à 45 degrés environ et rivés alternativement sur deux faces opposées de l'appareil.

Ces diaphragmes peuvent être construits de manières différentes. En général ils sont formés de lames inclinées à 45 degrés comme le montrent les figures qui accompagnent cette note. Ils constituent ainsi des augets dont les pentes convergent toutes vers la même face de l'appareil pour aboutir à une série de robinets d'évacuation.

Le liquide à clarifier arrive dans l'épurateur par une ouverture pratiquée sur le fond et monte sur le premier diaphragme pour descendre sur le second, remonter sur le troisième, redescendre sur le quatrième et ainsi de suite.

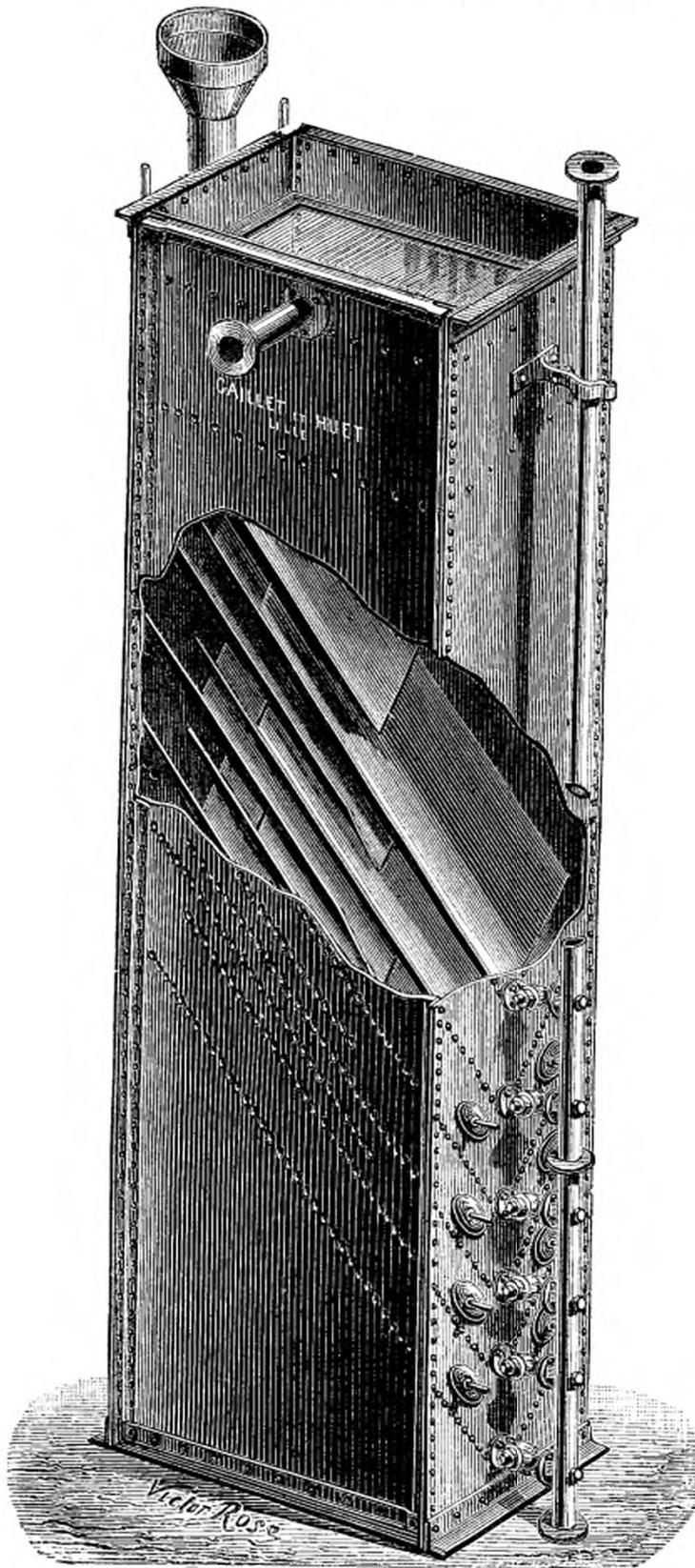


FIG. 1. — DÉCANTEUR VERTICAL

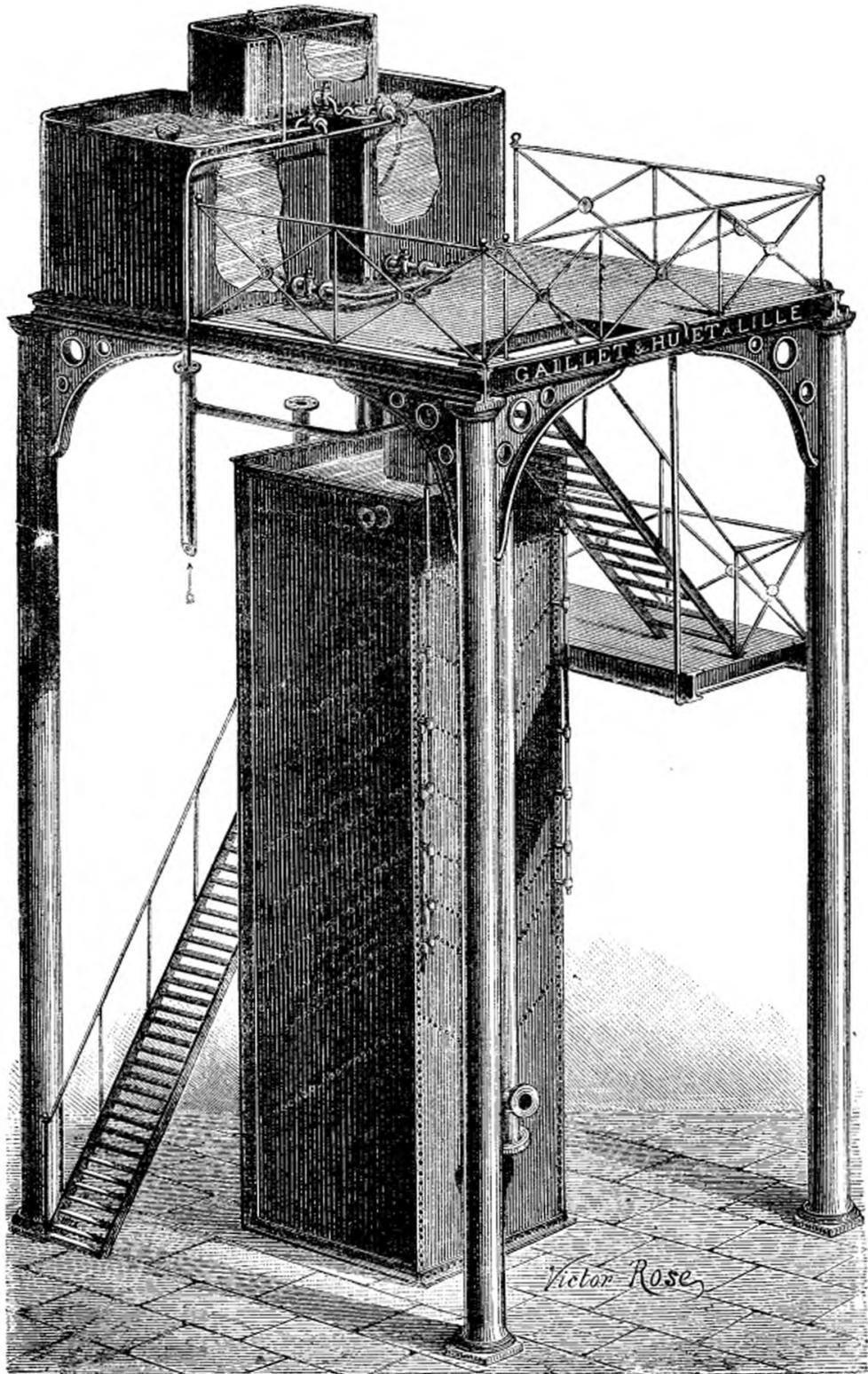
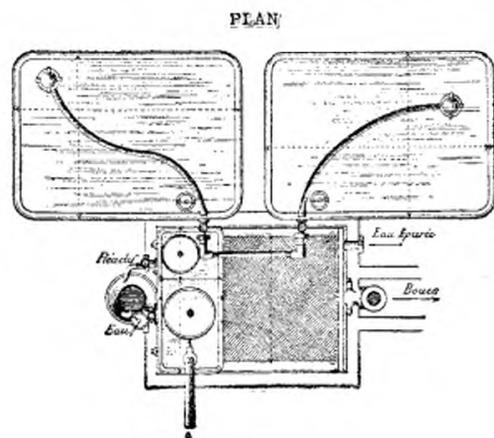
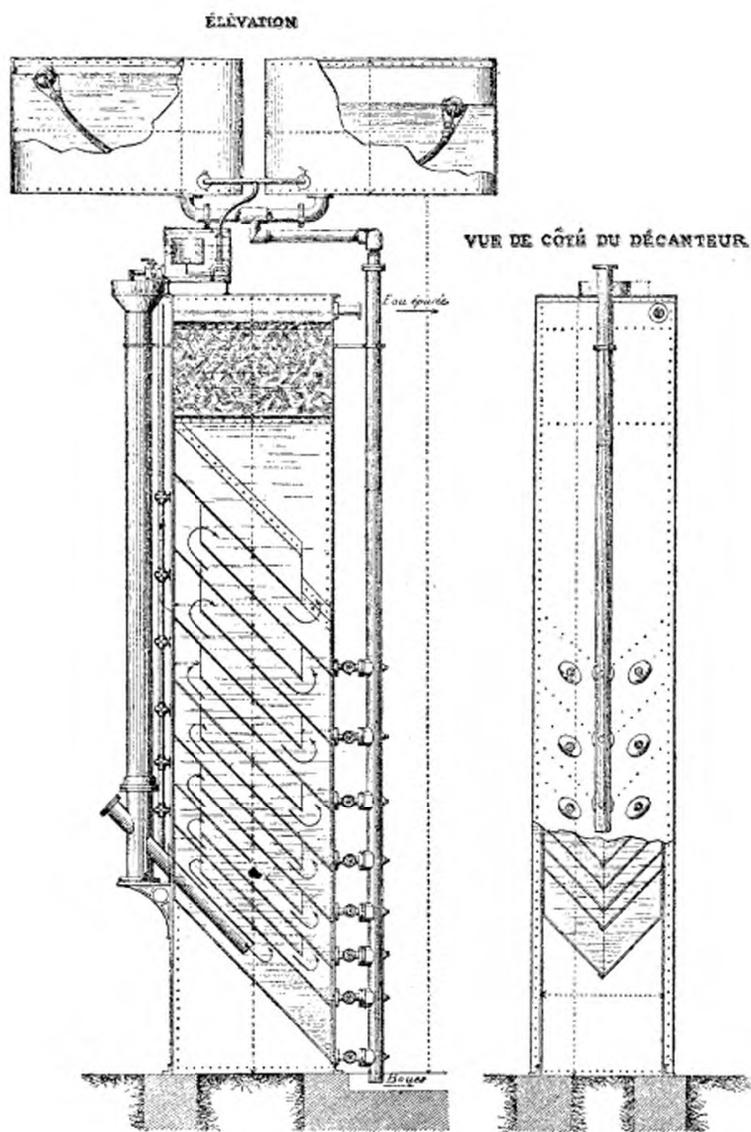


FIG. 2. — ÉPURATEUR VERTICAL A PRÉPARATION CONTINUE DE RÉACTIF



ÉPURATION DES EAUX, SYSTÈME PAUL GAILLET

La circulation est donc contrariée autant que possible, mais sans l'introduction d'aucun mouvement brusque dans la masse. De cette manière, les particules solides, sollicitées par l'action de la pesanteur, rencontrent les cloisons inclinées et se déposent à leur surface en se séparant de l'eau.

L'inclinaison des diaphragmes fait que les impuretés glissent et viennent se rassembler dans l'angle inférieur des compartiments formés par le cloisonnement. Ces impuretés peuvent être facilement et rapidement évacuées par la manœuvre des robinets de purge de l'appareil. La pression d'eau au-dessus des robinets suffit pour chasser violemment les dépôts.

En étudiant sur le dessin la structure de l'appareil ainsi décrit, on constate facilement qu'en vertu des lois qui régissent la circulation des liquides, le mouvement ne s'effectue pas uniformément dans les tranches angulaires formées par la superposition des diaphragmes en dièdres, et l'on remarque que le dépôt qui descend des diaphragmes intermédiaires se rassemble sur l'arête du dièdre et tombe dans une portion de liquide qui n'est pas en mouvement.

La circulation du liquide s'effectue, au contraire, le long des arêtes *supérieures*, c'est-à-dire à l'endroit où il y a le moins de dépôt. Ce sont là des circonstances tout à fait favorables à la clarification parfaite et elles expliquent la grande efficacité du décanteur.

## II. — DÉCANTEUR HORIZONTAL.

Si l'on disposait horizontalement le décanteur vertical qui vient d'être décrit, on voit que la réunion des dépôts engendrés par l'épuration chimique et qui sont en suspension dans l'eau de chaque compartiment ne se ferait plus en un seul point, dans un angle, mais bien sur une face plane dont le nettoyage présenterait certaines difficultés.

Il a donc été nécessaire, pour l'établissement d'un type de décanteur horizontal d'étudier une forme de vase telle que les pentes des diaphragmes convergent vers un point unique en conservant toutefois pour toutes les portions de ces diaphragmes une inclinaison uniforme capable d'assurer la régularité de la décanation.

A cet effet, la section rectangulaire du vase est remplacée par une section offrant, vers le bas, une partie triangulaire telle que la pente de ses faces soit la même que celle des diaphragmes. Ainsi, les diaphragmes étant inclinés à  $45^\circ$ , la paroi inférieure de l'épurateur est formée par un dièdre rectangle, c'est-à-dire dont l'angle est de  $90^\circ$ .

Grâce à cette disposition, il n'est plus utile de donner aux diaphragmes une forme angulaire ; on peut les faire absolument plans.

Le dépôt glissera sur toute la surface de ces diaphragmes plans, et, lorsqu'il arrivera à l'arête formée par les faces verticales et latérales de l'épurateur avec les faces inclinées du dièdre qui forme le fond, il commencera à se rassembler en suivant les côtés triangulaires du diaphragme et viendra finalement s'arrêter dans l'angle inférieur. Cet angle inférieur est tronqué et garni d'un collecteur en forme de cuvette, terminé par un robinet d'évacuation.

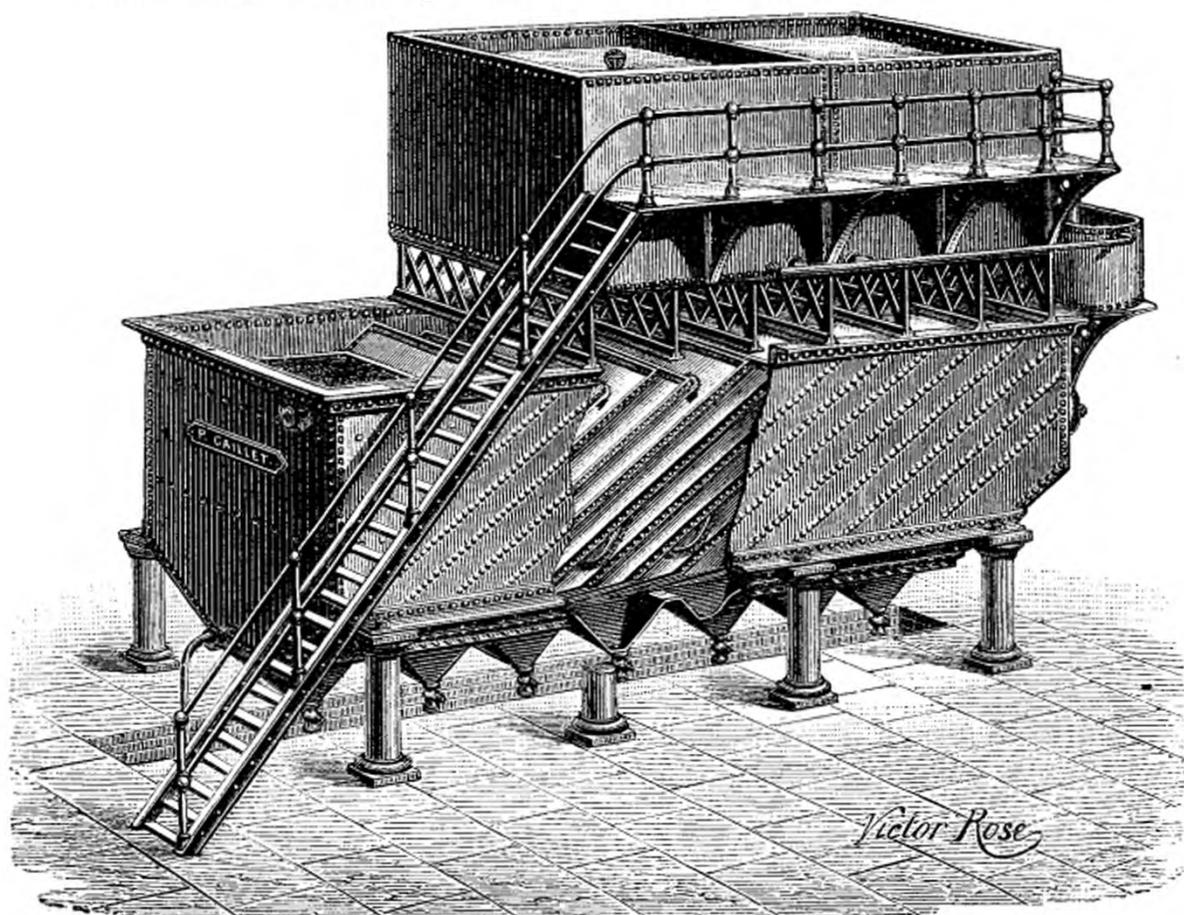


FIG. 3

L'examen du système montre que les diaphragmes intermédiaires ne peuvent pas être construits de la même manière que dans l'appareil vertical.

En effet, ces diaphragmes devant être de forme plane, le dépôt descendrait uniformément sur toute la surface, tandis que l'eau à clarifier monterait sur cette même surface. Il en résulte que les matières solides animées d'un mouvement de haut en bas seraient reprises en partie par la veine liquide dans son déplacement ascensionnel et que l'efficacité de l'appareil serait ainsi diminuée dans une notable proportion.

Pour éviter ces mauvaises conditions de marche, les diaphragmes intermédiaires sont prolongés jusqu'à la cuvette de collection de dépôts, afin que les ma-

tières qui se rassemblent sur ces diaphragmes viennent directement dans cette cuvette collective ; on donne ensuite passage au liquide par une ou plusieurs ouvertures percées dans les diaphragmes et garnies d'un bord relevé de manière à éviter la rencontre des matières qui descendent.

La forme des ouvertures est telle que le bord relevé n'arrête pas les matières solides qui glissent sur le diaphragme ; cette forme peut naturellement varier, il est seulement nécessaire qu'elle soit angulaire vers le haut, de manière à écarter le dépôt des précipités.

La disposition horizontale du décanteur permet de découvrir toute la partie supérieure de l'appareil et de suivre ainsi d'une façon visible, la marche de la décantation. Elle permet aussi de visiter, sans difficulté, tout l'intérieur du décanteur, tandis que l'épurateur vertical doit être dans ce but, muni de regards à fermeture étanche, ce qui rend la visite un peu plus compliquée.

Il convient de remarquer que la structure des diaphragmes de l'appareil horizontal peut s'appliquer à l'appareil vertical. Dans ce cas, il y a plusieurs moyens d'assurer le rassemblement et l'évacuation des dépôts. Ces dispositions n'offrent que peu d'intérêt, car elles ne sont pas habituellement employées, étant réservées pour des applications spéciales de l'appareil de décantation.

En général, les décanteurs sont terminés par un filtre, comme l'indiquent les dessins ; ce filtre, permet à certains moments de forcer le débit des appareils et assure en tous cas une clarification parfaite.

Comme il ne reçoit des dépôts que dans des circonstances exceptionnelles, il ne se salit que très lentement et ne doit être renouvelé qu'à de longs intervalles.

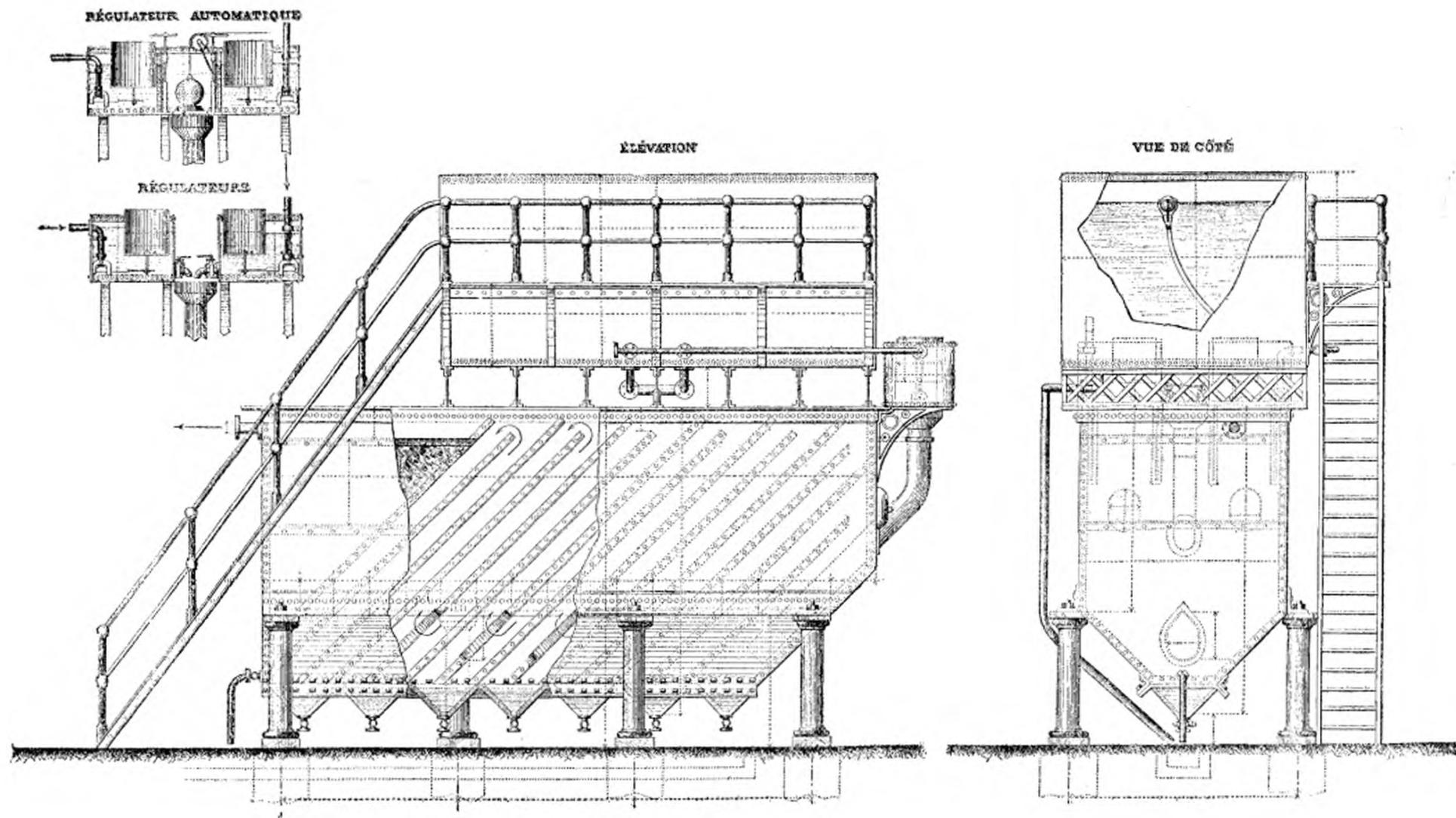
M. Gaillet a apporté au commencement de 1889 des perfectionnements sensibles à ses appareils de décantation et de clarification. Ces perfectionnements touchent des dispositions qui permettent de faire varier à volonté la vitesse de l'eau, en conservant les mêmes principes de circulation, la même surface totale de diaphragmes et le même volume d'appareil.

Il résulte de ces modifications, des avantages très appréciables et d'une nature essentiellement pratique. Il est en effet démontré que cette construction perfectionnée permet, sans aucun changement dans la forme des appareils ni dans l'agencement général de l'installation d'approprier exactement chaque épurateur au but qu'on se propose d'atteindre.

*Epuraton de l'eau.*— Les deux premiers appareils décanteurs étant décrits, il est utile de dire de quelle façon s'effectue l'opération même de l'épuration.

Cette épuration s'opère dans le décanteur comme nous l'avons vu et les réactions chimiques qui la produisent ont été indiquées succinctement plus haut dans cette note.

Le réactif se prépare dans des cuves spéciales disposées à la partie supérieure



ÉPURATION DES EAUX, SYSTÈME PAUL GAILLET

des appareils. Quand on emploie l'épurateur vertical, ces cuves reposent sur le décanteur ou sur un plancher spécial établi au-dessus de la construction. S'il s'agit au contraire, d'un épurateur du type horizontal, les bacs qui contiennent le réactif reposent directement sur l'épurateur et supportent au moyen de fortes consoles fixes sur leurs parois le plancher ou la galerie de service.

Les figures représentant les appareils des deux systèmes déjà décrits, indiquent cette disposition très commode et très simple.

L'installation une fois terminée comporte tous les accessoires exigés pour assurer un parfait fonctionnement de l'appareil. Elle forme donc un ensemble complet.

Les bacs à réactifs, au nombre de deux, sont munis d'un clapet de vidange et d'un robinet d'écoulement posé à dix centimètres au-dessus du fond ; ce robinet est garni à l'intérieur des cuves, d'un tuyau en caoutchouc avec flotteur, qui permet de prendre le liquide à la partie supérieure de la cuve, c'est-à-dire dans les meilleures conditions de pureté. Le liquide employé est de l'eau de chaux additionnée de soude en proportions variables.

Pour les cas spéciaux où il est utile de posséder une préparation automatique et continue du réactif des dispositions particulières doivent être adoptées.

La figure représentant l'épurateur du type vertical comprend l'appareil spécial de préparation et de saturation continues. Dans cette installation le corps de l'épurateur est surmonté d'une cuvette à fond perforé dans laquelle on place la chaux nécessaire pour le travail d'une journée.

D'après la disposition adoptée, le niveau du liquide dépasse toujours de quelques centimètres le fond perforé, de telle sorte que la chaux s'éteint d'elle-même sans manutention, et descend naturellement jusqu'au fond du saturateur. L'eau nécessaire à la préparation du réactif arrive dans le tube central, descend jusqu'à l'agitateur, se trouve ainsi en contact intime avec la chaux, et remonte saturée, en s'éclaircissant, pour déborder par le haut dans l'entonnoir de l'épurateur.

Lorsqu'on fait usage de l'appareil du type horizontal, le préparateur de réactif s'installe à la place des bacs à réactifs. Il présente le grand avantage de contenir une grande réserve de réactif tout préparé. Des dispositions spéciales ont, d'ailleurs, été adoptées en cette prévision.

Tous ces appareils de préparation automatique et continue n'exigent pas nécessairement l'emploi de force motrice. Il est cependant préférable à certains points de vue de leur donner un mouvement continu qui facilite leur fonction. La force absorbée dans ce cas représente, en outre, une quantité à peu près négligeable.

Pour réaliser l'opération de l'épuration, on fait arriver dans l'épurateur proprement dit une quantité d'eau déterminée et une proportion exactement établie de réactif.

Afin d'assurer la régularité des débits d'eau et de réactif, on fait usage de régulateurs à niveau constant. Ces régulateurs, dont le fonctionnement très simple est suffisamment indiqué dans les figures, sont basés sur l'action d'un flotteur sur un clapet qui règle l'admission du liquide ; ils sont munis de robinets à cadrans ou de vannes à crémaillère permettant d'opérer un réglage précis des débits.

Lorsqu'il y a utilité à arrêter l'épurateur, ou à le mettre en marche, sans l'intervention d'un ouvrier, comme cela arrive le plus souvent dans les usines où il y a un réservoir d'eau épurée, on fait usage d'un *régulateur automatique*. Ce régulateur se compose d'un bac à trois compartiments ; deux de ces compartiments constituent les régulateurs proprement dits, l'un pour l'eau, l'autre pour le réactif ; le troisième compartiment reçoit le mélange, par des vannes de réglage, et le déverse dans l'épurateur par un orifice que peut fermer une soupape commandée par un flotteur qui repose sur l'eau du réservoir d'eau épurée.

Quand ce réservoir est plein le clapet descend sur son siège, le compartiment central du régulateur automatique se remplit et par l'action des flotteurs, les écoulements d'eau et de réactif s'arrêtent.

Dès que le niveau baisse dans le réservoir, le clapet se soulève et l'épuration se remet en marche sans aucune intervention.

Le mélange de l'eau et du réactif s'effectuant dans l'épurateur, la réaction commence immédiatement ; l'eau se trouble et devient laiteuse. Circulant dans les divers compartiments de l'appareil, elle y dépose les précipités chimiques formés par l'épuration, et, finalement, sort claire, limpide et épurée à la partie supérieure de l'épurateur.

M. Paul Gaillet construit 34 grandeurs différentes de ses appareils épurateurs.

Ces divers modèles classés du numéro 0 au numéro 33 inclusivement présentent des puissances d'épuration qui varient par vingt-quatre heures, de 8 à 2000 mètres cubes.

### III. — DÉCANTEUR VERTICAL, TYPE CYLINDRIQUE

Ce système spécial d'épurateur est constitué par une capacité cylindrique montée verticalement. Cette capacité est terminée par un fond de forme conique dans lequel est ménagé un orifice de vidange.

Suivant l'axe de l'appareil sont disposées en étagements une suite de pièces en fonte qui sont emboîtées l'une dans l'autre. Ces pièces de fonte sont de forme circulaire ; elles sont percées d'ouvertures symétriquement disposées et recouvertes par un manteau coulé de la même pièce qui les enveloppe extérieurement : ce manteau a pour but de diriger vers la partie inférieure les matières

qui peuvent venir se déposer sur les surfaces métalliques, en soustrayant complètement ces matières à l'action des courants de bas en haut.

Les surfaces de dépôt, c'est-à-dire les diaphragmes, affectent une forme différente de celle des mêmes organes dans les appareils déjà décrits. Ces diaphragmes sont ici des triangles de tôle dont les bords sont relevés de manière à constituer dans leur intervalles des canaux réguliers d'une largeur bien uniforme et s'étendant en s'inclinant de la circonférence au centre : de cette manière l'eau à clarifier peut s'élever d'un mouvement uniforme dans toute la longueur des canaux.

L'eau qui doit être soumise à la décantation arrive trouble, dans le fond de l'appareil au moyen d'un tuyau placé dans la colonne centrale et garni de tubulures qui la dirigent immédiatement vers la partie supérieure et l'empêchent de remuer les dépôts accumulés dans le fond ; elle s'élève ensuite par les canaux inclinés du premier étage. Après avoir traversé ces parties de l'appareil, l'eau rencontre les parties pleines de l'étage supérieur, qui la forcent de circuler au-dessus des diaphragmes.

Les orifices d'une pièce centrale correspondent en effet exactement aux parties pleines des pièces voisines, de manière que les canaux existant dans les intervalles des diaphragmes d'un étage sont situés sous les parties pleines des diaphragmes des étages voisins.

Ce dispositif fait que le mouvement de l'eau est continuellement contrarié sans toutefois que cette eau subisse de changements brusques de direction.

De plus la circulation s'effectue au-dessus des diaphragmes suivant des lames très minces.

La décantation se fait ainsi dans les meilleures conditions et aussi complètement que possible.

Les matières précipitées, les boues et les impuretés de toutes sortes qui se déposent à la surface des diaphragmes glissent tout naturellement sur ceux-ci et viennent en vertu de leur poids se déverser dans la colonne centrale qui les conduit au fond de l'appareil.

Le mouvement de bas en haut des dépôts et le mouvement ascensionnel de l'eau sont extrêmement lents. Il ne peut jamais y avoir reprise par le liquide des matières qu'il a abandonnées.

Un filtre complète le décanteur. Nous avons vu cette application dans les deux appareils précédemment examinés. Ici, le filtre est constitué par une couronne concentrique à la paroi extérieure du décanteur. Il se compose de deux parties distinctes qui peuvent être isolées à volonté. L'eau après avoir traversé tous les étages de l'appareil sort de cet appareil par un déversoir et passe sous les filtres. L'eau est recueillie à la sortie dans un compartiment spécial où il n'y a jamais que de l'eau absolument pure.

Le préparateur de réactif est disposé à la partie supérieure du décanteur. Il

fait partie intégrante de la construction. Ses parois sont rivées à l'enveloppe extérieure du décanteur. Il n'occupe toutefois en plan horizontal que la moitié de la surface de celui-ci.

Le préparateur de réactif est muni d'un robinet de vidange qui le fait communiquer par un tuyau à la base de l'appareil. Ce tuyau sert à conduire les résidus de la réaction en un point d'où ils peuvent être facilement extraits.

La chaux est contenue dans une cuvette à fond perforé comme dans les épurateurs horizontaux et verticaux des précédents systèmes. Cette cuvette plonge dans la capacité de l'épurateur. La formation de l'eau de chaux est ainsi absolument continue.

L'alimentation d'eau se fait par une tuyauterie spéciale qui descend jusqu'au fond du récipient.

Quand le traitement des eaux n'exige que la chaux comme réactif, l'installation est complétée par la présence d'un bac distributeur spécial qui assure la proportionnalité constante des débits d'eau et de chaux. Lorsqu'il est nécessaire d'employer d'autres produits, tels que la soude ou le perchlorure de fer, ceux-ci sont placés dans des réservoirs posés sur l'épurateur et munis de régulateurs automatiques de débit.

Le fonctionnement de ces régulateurs ne nécessite en aucun cas une main-d'œuvre quelconque. L'arrêt et la remise en marche de l'épuration n'exigent pas même la présence d'un surveillant. Ce fonctionnement est dû à l'action d'un seul clapet commandé par un flotteur placé dans le réservoir d'eau épurée. C'est donc le manque ou l'excès d'eau dans ce réservoir qui active ou ralentit l'écoulement des réactifs.

L'appareil de décantation du type cylindrique est le résultat des derniers travaux de M. Gaillet. Il est, nous devons le dire, d'une grande efficacité en même temps que d'une simplicité de construction aussi complète que possible.

Sa fabrication et son montage sont soignés au possible. Aussi son entretien est-il à peu près négligeable.

Il ne présente, en raison même de la fonction dont il est chargé, ni joints étanches des cloisons intérieures, ni assemblages boulonnés, ni rivures invisibles; il est complètement démontable et les diaphragmes qui forment la surface de décantation s'emboîtent simplement dans les orifices des pièces centrales par leur extrémité la moins large; l'autre extrémité s'appuie simplement contre la paroi même du décanteur.

Les diaphragmes étant plans et leur inclinaison sur l'axe étant connue il est facile de tracer la portion d'ellipse qui limite leur contour du côté de la circonférence de l'appareil. La ligne de contact est ainsi toujours parfaitement définie.

La surface de décantation est relativement considérable; de plus, ce qui est essentiel, cette décantation s'opère d'une façon visible; enfin les organes suscep-

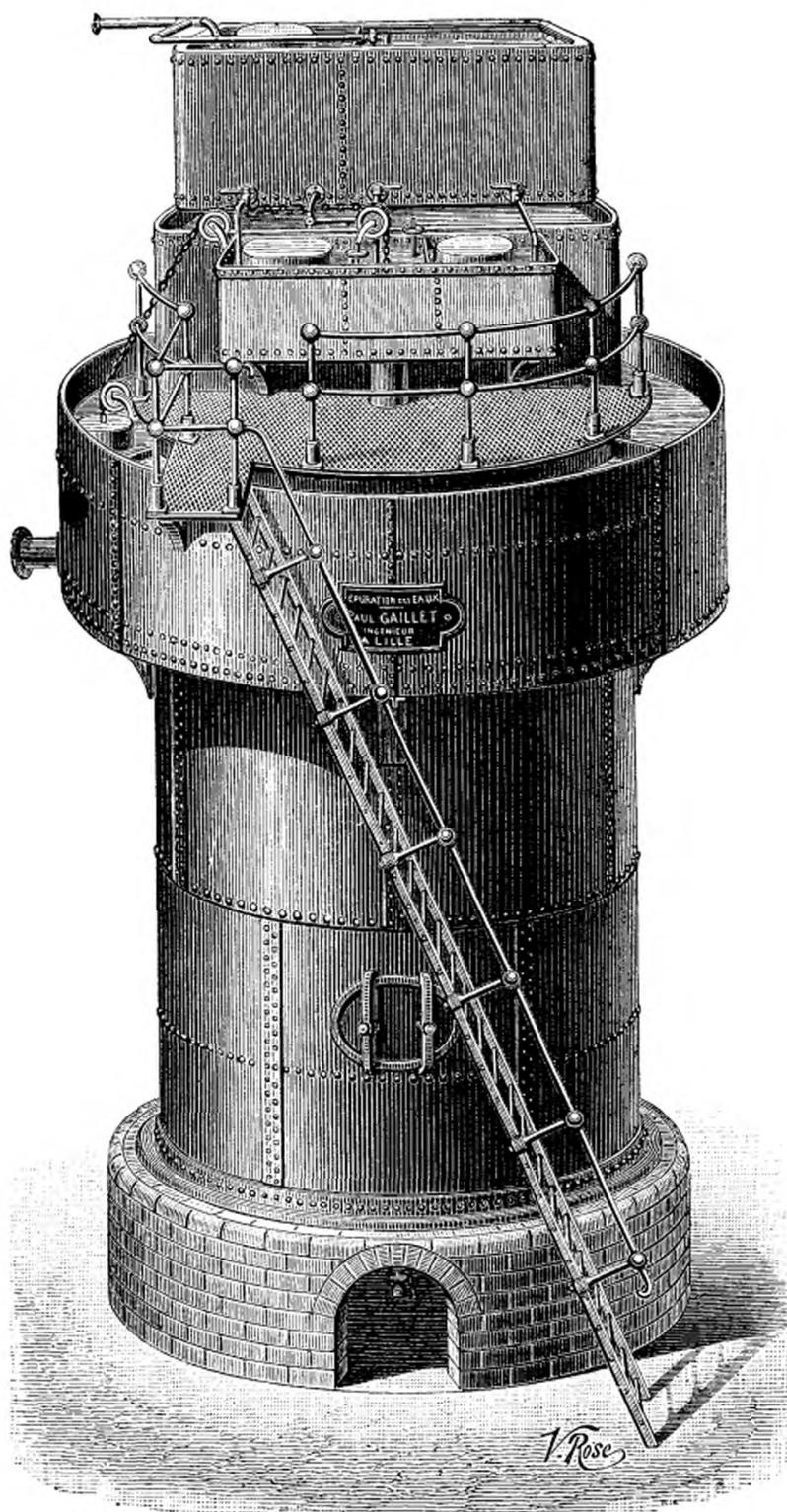


FIG. 6

tibles de se détériorer en entravant la marche de l'opération sont très facilement accessibles.

Nous terminerons cette note en constatant que si M. Gaillet ne néglige aucun détail pour perfectionner ses procédés d'épuration, si ses appareils sont l'objet d'études raisonnées et toujours nouvelles, il obtient en retour un succès manifeste. Depuis l'année 1883, le chiffre de ses installations a dépassé quatre cents ; le volume d'eau épurée par vingt-quatre heures dans les appareils correspondants n'est pas inférieur à 80,000 mètres cubes.

---

## APPAREILS ACCESSOIRES DE GÉNÉRATEURS

### Compteur de vapeur, système Parenty

---

Avant de commencer la description du compteur piézométrique de vapeur, exposé par M. Parenty dans la classe 52, quelques explications sont nécessaires pour faire comprendre la nature et les difficultés du problème à résoudre.

Le kilogramme de vapeur à une pression quelconque doit être considéré comme le véhicule et l'équivalent d'un certain nombre de calories empruntées au combustible de la chaudière et qu'on se propose d'utiliser en chaleur proprement dite ou en mouvement. Ce nombre de calories est à peu près indépendant de la pression ; il se rapproche, en supposant que la vapeur d'eau puisse se ramener à l'état d'eau condensée à la température 0, de la valeur moyenne de 650 calories, comprenant l'échauffement de l'eau, la désagrégation des molécules, ou chaleur latente de vaporisation, enfin le travail d'accroissement de volume dû à la vaporisation.

Un kilogramme de vapeur valant industriellement 650 calories, il suffit, pour évaluer l'utilisation d'une source de chaleur quelconque, de connaître la production en kilogrammes de vapeur saturée, sans s'inquiéter des variations de la pression des chaudières.

Ajoutons pour n'y plus revenir que le kilogramme d'eau entraîné mécaniquement hors de la chaudière par le courant de vapeur ne représente que 150 cal. à la pression de 5 kilogrammes, soit le quart de la valeur thermique de la vapeur. Un pesage direct même très exact de la vapeur sursaturée ne donnerait donc, au point de vue thermique, qu'un résultat erroné par excès.

Pour mesurer pratiquement la production de vapeur, M. Parenty a recouru à la considération des pressions qui s'exercent de part et d'autre d'un orifice jaugé, placé à l'entrée de la conduite générale. Cette méthode piézométrique, qui s'impose à l'exclusion des mesurages directs, donna lieu dans son application à plusieurs difficultés importantes résultant de la constitution physique des vapeurs et que nous allons signaler brièvement.

La vitesse d'écoulement d'un orifice ouvert à l'air libre sur les parois d'une chaudière à haute pression est bien loin d'atteindre la valeur qui résulterait de l'application de la formule des liquides :  $V = \sqrt{2gh}$ , dans laquelle  $h$  représente la hauteur génératrice du débit, c'est-à-dire la différence des pressions en amont

et en aval de l'orifice, évaluée en hauteur verticale du liquide qui s'écoule. Pour les gaz comme pour les vapeurs, et au delà d'une certaine vitesse, l'augmentation de la pression intérieure ne paraît plus accélérer sensiblement la vitesse qui prend dès lors une valeur limite. Un savant de grand mérite, le capitaine Hugoniot, est parvenu à démontrer l'identité de cette vitesse limite avec la vitesse du son dans la section contractée du jet d'écoulement.

Si, au lieu de placer l'orifice d'écoulement sur la chaudière elle-même, on l'établit à l'extrémité d'une conduite, on observe tout le long de cette conduite des pertes de charge progressives et bien supérieures à celles que pourraient apporter les seules résistances de la conduite pour le débit envisagé. A une très faible distance de l'orifice, la pression du fluide est bien près d'atteindre la valeur qui suffirait à produire la vitesse limite.

Ajoutons qu'aux températures des pressions usuelles, la vitesse limite est sensiblement inférieure à 500 mètres par seconde.

Les formules d'écoulement des gaz basées sur l'étude des variations thermiques qui accompagnent le phénomène de la détente des fluides à travers un orifice, laissent prévoir l'existence de la limite de vitesse indiquée par les expériences qui précèdent. Ces formules sont encore inconnues pour la vapeur, elles devront être classées comme les premières en deux catégories suivant que la masse fluide emprunte ou n'emprunte pas de chaleur aux parois de la conduite et aux objets extérieurs. Ces deux hypothèses *isotherme* et *adiabatique* se combinent sans aucun doute de mille façons dans l'étude des divers cas particuliers, car il est impossible d'isoler complètement une masse de vapeurs ou de déterminer exactement les apports extérieurs de calorique. Il est même possible d'imaginer certaines conditions d'écoulement pour lesquelles la vérité se trouve placée en dehors des deux limites formées par ces hypothèses.

On voit la complexité du phénomène de l'écoulement des vapeurs à travers les orifices dans le cas général et surtout aux environs de la limite de vitesse. Mais les lois de Mariotte et de Gay-Lussac éprouvent des perturbations analogues et tout aussi importantes aux fortes pressions et aux températures pour lesquelles on dit que le fluide a perdu son élasticité en se rapprochant de la limite de la liquéfaction.

De même qu'il est légitime de recourir à l'usage des lois de Mariotte et de Gay-Lussac pour les pressions et les températures usuelles, de même M. Parenty a pensé qu'il pourrait appliquer aux fluides compressibles, gaz ou vapeurs, les lois si simples de l'écoulement des liquides à condition d'envisager simplement des dépressions extrêmement faibles et limitées à une fraction d'atmosphère. Ces pertes de charges sont les seules d'ailleurs qui puissent s'imposer sans inconvénient à l'écoulement de vapeur dans une conduite générale. Les fluides *incompressibles* obéissent en effet pratiquement à la loi d'écoulement des fluides *incompressibles* comme cela résulte d'une constatation faite par M. Parenty le

12 juillet 1886, devant l'Académie des Sciences, sur les résultats d'une expérience célèbre de M. Hirn.

Cette loi se représente par la formule générale.

$$Q = 3.600 m \omega \sqrt{2g(p_0 - p_1)} \sqrt{\gamma}$$

où Q représente la production en tonnes en une heure,  $\omega$  l'orifice,  $(p_0 - p_1)$  la hauteur génératrice en eau, enfin  $\gamma$  le poids en tonnes du mètre cube de vapeur à la pression  $p_0$ .

Le compteur de vapeur résoud cette formule à chaque instant et totalise les résultats, au moyen d'un manomètre différentiel très précis et d'un compensateur des densités correspondant aux diverses pressions.

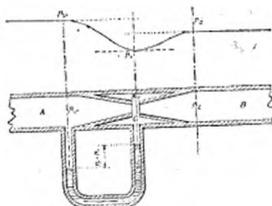


FIG. 1

En admettant ce point de départ, le compteur de vapeur comprend une série de dispositions propres à produire dans le courant de vapeur et à mettre en évidence une dépression très faible,  $p_0 - p_1$ , enfin à effectuer à chaque instant le produit.

$$\sqrt{p_0 - p_1} \sqrt{\gamma}$$

*Rhéomètre.* — La veine fluide traverse deux orifices tronconiques, convergent A et divergent B, disposés dans l'axe de la conduite ; en pénétrant dans le second, elle tend à entraîner avec elle les molécules de la périphérie C et y produit un vide relatif avec lequel, par un effet reflexe, elle se met en équilibre de tension. Enfin, au sortir du rhéomètre, elle reprend une pression  $p_2$  notablement supérieure à celle de la périphérie.

En définitive, comme l'indique la courbe, la veine fluide, après avoir subi à travers le premier orifice une dépression  $p_0 - p_1$ , suffisante pour définir nettement le débit, éprouve à travers le second une compression égale à la moitié au plus de la dépression. Le rhéomètre à double cône permet donc de réduire de moitié environ la perte de charge qu'il serait nécessaire d'imposer à un courant fluide pour actionner un compteur de sensibilité définie.

*Manomètre différentiel.* — Les deux pressions  $p_0$  et  $p_1$  s'exercent tout d'abord sur les surfaces libres de deux réservoirs de condensation, D et D'. Le manomètre à mercure, placé à un niveau inférieur, se compose d'une cuvette cylindrique mobile I et d'un tube vertical fixe F, évasé par le bas, en forme de pavillon de trompette. Toute dépression  $p_0 - p_1$  se traduit pour la cuvette par une diminution de poids que la forme du tube où monte le mercure, rend précisément égale au premier facteur  $\sqrt{p_0 - p_1}$ . On peut donc mettre ce facteur en évidence par une simple pesée.

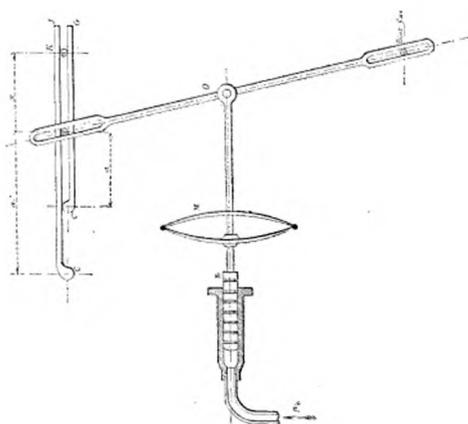


FIG. 2

*Balancerie.* — A cet effet, la cuvette agit par l'intermédiaire du fléau A, auquel elle est accrochée, sur un ensemble composé d'un tambour cylindrique, P et d'une came I, tournant sur le même axe horizontal. Le contre-poids  $\pi$ , actionné par le fléau, est accroché au tambour par une bande flexible et équilibré de façon variable par le contre-poids  $\varpi$ , accroché à la came, si bien, que l'aiguille reliée au système, vient indiquer sur un cadran spécial la valeur exacte de  $\sqrt{p_0 - p_1}$ .

Dans ce pesage de disposition analogue à celui du pèse-lettres, le fléau parcourt des arcs très petits et sensiblement rectilignes, enfin proportionnels au facteur  $\sqrt{p_0 - p_1}$ .

*Compensateur de densité.* — Il reste à multiplier ce résultat par le facteur  $k\sqrt{\gamma}$ .

Le levier compensé J oscille dans le plan du fléau G et vient s'appliquer sur lui par l'intermédiaire du galet K. Par suite de cette liaison, chaque déplacement angulaire du fléau  $m\sqrt{p_0 - p_1}$  produit un déplacement proportionnel  $m_1\sqrt{p_0 - p_1}$ .

du levier, et le rapport de proportionnalité  $\frac{m}{m_1} = \frac{a+x}{a+x}$  dépend uniquement de la distance horizontale du galet aux couteaux.

Toute variation dans la densité doit donc se traduire par un déplacement du galet tel que le rapport  $\frac{m}{m_1}$  soit maintenu constamment proportionnel à  $\sqrt{\gamma}$ .

$$\frac{m}{m_1} = \frac{a+x}{a+x} = k \sqrt{\gamma}$$

Pour les fluides en général, la densité est une fonction composée de la pression et de la température, mais pour la vapeur saturée, l'une quelconque des trois données, poids spécifique, température et pression, suffit à définir les deux autres. On pourrait donc à volonté demander le déplacement du galet, soit directement à l'aréomètre, soit indirectement au thermomètre ou au manomètre. Ce dernier appareil était tout indiqué, puisque, tout en limitant les fonctions du compteur de vapeur à des calculs de pressions, il fournit aisément une force indéfinie.

Le piston L, soumis à l'action de la pression  $\mu$ , assure effectivement au galet par l'intermédiaire du levier articulé O, des positions variables avec la pression et par suite avec la densité de la vapeur saturée qui s'écoule.

Or, les pressions sont reliées aux densités par les tables expérimentales de Regnault, modifiées par Zenner, et on peut disposer de trois données arbitraires indépendantes, savoir : la distance des couteaux, l'origine et enfin l'amplitude du mouvement du galet, pour donner au rapport des écarts angulaires les valeurs

$$k \sqrt{\gamma} \quad k \sqrt{\gamma''} \quad k \sqrt{\gamma'''}$$

correspondant à trois pressions absolument choisies

$$p' \quad p'' \quad p'''$$

On constatera ensuite que pour toutes les pressions intermédiaires la compensation de densité s'effectue avec une excellente approximation.

Ce procédé de correction est absolument général, il consiste à substituer à la courbe expérimentale des  $\sqrt{\gamma}$  en fonction des pressions, une hyperbole qui la rencontre en trois points arbitrairement choisis.

En résumé, chacun des points du fléau compensé parcourt en chaque instant des axes suffisamment petits pour être considérés comme rectilignes et proportionnels à  $\sqrt{p_0 - p_1} \sqrt{\gamma}$ ; c'est-à-dire au débit en poids de la conduite.

Un totalisateur à roulettes P et un enregistreur graphique E, placés à l'extrémité de ce fléau, suffisent donc à rendre très exactement compte de la marche et du total de la production de vapeur.

Le compteur de vapeur mesurait sans interruption la dépense de la vapeur fournie par une chaudière Petry-Chandoir aux dynamos des ponts roulants électriques du Palais des Machines. Il a fourni de précieuses indications sur le rendement électrique et les conditions variées du transport de la force.

## DÉFECTUOSITÉS DANS LES GÉNÉRATEURS

---

### Associations Françaises des propriétaires d'appareils à vapeur

---

Les Associations françaises des propriétaires d'appareils à vapeur exposaient collectivement dans la classe 52 (Galerie de pourtour du Palais des Machines) un grand nombre d'échantillons de tôles de chaudières présentant les défauts les plus divers, une collection de différents types d'incrustations ou de corroptions, enfin une série de travaux, de publications et de dessins relatifs aux défauts des chaudières à vapeur et aux accidents qu'elles entraînent.

Les associations françaises sont au nombre de dix ; elles forment un syndicat sous la présidence de M. E. Cornut à Lille. Nous donnons ci-après la liste de ces dix associations avec les noms des ingénieurs-directeurs de chacune d'elles :

1° Association alsacienne, section française (Ingénieur en chef : M. Walther-Meunier, à Epinal).

2° Association lyonnaise (Ingénieur-directeur : M. L. Bour, à Lyon).

3° Association du Nord de la France (Ingénieur en chef : M. E. Cornut, à Lille).

4° Association du Nord-Est (Ingénieur : M. Henri Lambert, à Reims).

5° Association normande (Ingénieur en chef : M. Henri Roland, à Rouen).

6° Association de l'Ouest (Ingénieur-directeur : M. L. Olivier, à Nantes).

7° Association parisienne (Ingénieur-directeur : M. Compère, à Paris).

8° Association de la Somme, de l'Aisne et de l'Oise (Ingénieur : M. E. Schmidt, à Amiens).

9° Association du Sud-Est (Ingénieur : M. Dubiau, à Marseille).

10° Association du Sud-Ouest (Ingénieur : M. Ducos, à Bordeaux).

Les échantillons de tôles détériorées et exposées par ces dix associations en collectivité se rapportaient à douze conditions particulières que nous allons relater d'une façon sommaire.

#### I. PAILLES DANS L'ÉPAISSEUR DES TOILES.

La présence des pailles occasionne la destruction d'une partie de l'épaisseur résistante et par suite donne naissance à des points faibles dans l'ensemble des

appareils. Les pailles peuvent survenir dans les tôles de bouilleurs et dans toutes les tôles de surface de chauffe directe à la suite de coups de feu. Elles nécessitent des réparations soignées et d'une étendue suffisante. Dans les cas où l'on veut diminuer l'importance de ces réparations les pailles continuent à s'étendre. Elles causent souvent le dédoublement des tôles sur de grandes surfaces.

## II. BOSSES ET COUPS DE FEU.

Ces sortes d'avaries proviennent en général du manque d'eau ou d'un dépôt d'incrustations. Elles occasionnent souvent de graves accidents, des déchirures spontanées ou même des explosions considérables. Les tôles exposées présentant des bosses et des coups de feu étaient pour la plupart les débris d'accidents importants; elles provenaient des explosions de Roanne du 10 juin 1880, du Chambon (Loire) du 20 août 1883, de la Béraudière, du 11 décembre 1886, de Vertaison (Puy-de-Dôme), du 20 avril 1886, etc. Quelques-unes avaient subi des déformations causées par la présence de corps gras.

## III. FENTES DANS LES TOLES.

Les fentes se produisent souvent au droit des lignes de rivets soumises à l'action des flammes; elles se produisent également au matage, des trous de rivets au bord de la tôle. Ces fentes peuvent prendre de grands développements; à partir d'un trou de rivet qui est en général leur point de départ, elles s'étendent dans les parties faibles des enveloppes, les parties corrodées par exemple et peuvent occasionner des accidents terribles.

Elles peuvent se produire également par suite de corrosions extérieures. Alors elles se développent en pleine tôle. Leur formation est accélérée quelquefois par les changements brusques de température, par exemple quand les tôles d'une chaudière étant fatiguées, on pratique la vidange de cette chaudière avant que la température de la maçonnerie ne soit suffisamment abaissée.

Quelques échantillons exposés présentaient des fentes provenant du tirage forcé ou de la surchauffe par l'effet de poudres grasses à l'intérieur.

Les fentes se produisent encore aux collets des dômes et des communications. L'origine de ces défauts est alors la mauvaise qualité de la tôle et un manque de soins dans la fabrication.

On en signale enfin dans les collets d'assemblage des viroles de foyers ou des tubes intérieurs et à la courbure des fonds emboutis ou dans les fers d'angle.

## IV. FENTES DANS LES BOUCHONS EN FONTE.

Ces fentes proviennent de rivures mal faites. Il arrive en effet que dans l'assemblage des bouchons en fonte avec les tôles des enveloppes, les trous des deux

parties ne se correspondent pas. Certains d'entre eux doivent alors être élargis. Les autres sont ramenés en face les uns des autres au moyen de la broche. Il se produit ainsi des commencements de rupture que la marche des générateurs fait croître de jour en jour et qui amènent des explosions considérables.

Les bouchons en fonte qui terminent les bouilleurs présentent aussi des fentes qui sont provoquées par la déformation de ces bouilleurs. Les rivures fatiguent et la fonte finit par céder.

#### V. CORROSIONS EXTÉRIEURES.

Ces défauts sont amenés par diverses conditions de fabrication et d'installation au nombre desquelles on doit mettre :

1° Les fuites qui se déclarent à des joints et qui laissant suinter l'eau, oxydant le métal et le détruisant.

2° Les fuites au chaudière des tôles qui produisent la corrosion des lignes de rivets et des parties avoisinantes des enveloppes. Ces détériorations amènent des fentes entre les rivets et peuvent occasionner de graves mécomptes.

3° Les fuites aux pinces de rivure ; ces fuites occasionnent la corrosion de plusieurs rivets. Elles rendent faibles des points qui doivent au contraire présenter une grande résistance. La tôle se ronge extrêmement vite. On a vu des exemples de tôles de 15 millimètres, ne présentant plus que l'épaisseur d'un feuillard. Dans ces conditions on conçoit qu'un accident soit imminent.

4° Les fuites aux rivets : ces détériorations amènent la corrosion des têtes de rivets. Quand ces têtes sont complètement rongées il se produit un écartement des tôles qui amène de nouvelles fuites et par suite, de nouvelles chances d'accident. Ce défaut provient en général de rivures mal soignées dans lesquelles le serrage est insuffisant, ou de rivets ayant les têtes mal formées. La corrosion des tôles avoisinant les rivures est toujours une conséquence de ces imperfections.

5° Les fuites dans les chaudières multitubulaires ; dans les chaudières de ce système, les boîtes de raccordement des tubes, si elles présentent des fuites, se corrodent avec une grande facilité. Il est essentiel de soigner particulièrement ces points. Dans les chaudières à collecteurs l'extrémité des tubes peut se détériorer de la même façon, si le sertissage est mal fait dans l'épaisseur des plaques.

6° Le contact de la maçonnerie : la maçonnerie humide amène rapidement la corrosion extérieure des tôles. Comme cette corrosion est en général difficile à constater, on lui laisse souvent acquiescer un grand développement ; on s'expose ainsi à des désastres et à des dégâts de toutes sortes, exemples : l'explosion d'un générateur à La Roche-la-Molière (Loire), le 3 octobre 1882, l'explosion d'Entre-

deux-Guiers (Isère), le 7 août 1882, l'explosion des Echelles (Isère), le 7 août 1882, etc.

Il faut donc accorder les plus grands soins à la construction des maçonneries autour des chaudières. Il faut aussi veiller d'une façon toute particulière à ce qu'il ne se produise aucune infiltration d'eau dans les maçonneries qui viennent reposer sur les corps de bouilleurs. La corrosion est dans ce cas très rapide.

7° L'humidité des carneaux ; cette circonstance donne naissance à des corrosions lentes, mais très étendues ; elle est ordinairement la conséquence de maçonneries mal faites, au travers desquelles l'eau du cendrier peut arriver dans les parties basses des carneaux au-dessous des tôles. La corrosion se produit aussi par suite d'accumulations de suies dans les carneaux et de chômages prolongés. Dans ce cas, comme dans celui de l'humidité des maçonneries, la corrosion se termine par la formation de fentes qui à un moment donné peuvent s'ouvrir spontanément. On a alors à compter avec une projection de maçonneries et par suite avec des accidents de toutes natures. Dans l'un et l'autre cas, soit humidité des maçonneries elles-mêmes, soit humidité des carneaux, les corrosions sont extrêmement lentes et peu manifestes ; elles ne sont de ce fait que plus dangereuses.

8° Les produits acides de la combustion ; ces produits, quand les carneaux sont trop longs et trop hauts et que les flammes viennent à peine toucher les surfaces métalliques, subissent une condensation partielle qui ronge les tôles avec rapidité. Il faut aussi toujours avoir soin de diriger les flammes dans leur parcours de manière qu'elles touchent continuellement les surfaces de chauffe. Si les carneaux sont d'une hauteur excessive on a toujours la possibilité de relever les flammes par de faux autels en maçonnerie. On évite ainsi les détériorations de toutes sortes produites par les gaz acides de la combustion.

## VI. CORROSIONS INTÉRIEURES.

Ces corrosions d'un autre ordre se produisent de plusieurs manières et pour différentes causes. Nous signalerons, entre autres :

1° Les corrosions intérieures qui se développent dans les réchauffeurs ; ces détériorations se manifestent par pustules ordinairement séparées, mais quelquefois aussi réunies pour former des surfaces plus étendues : elles sont presque toujours la conséquence d'incrustations. On peut enrayer le mal aussitôt qu'il est découvert en pratiquant une sérieuse désincrustation de la tôle et en la peignant intérieurement d'une couche de goudron. Si cette opération est mal faite, il n'est pas rare de voir les parties déjà atteintes continuer à se corroder, en se remplissant d'une poudre brunâtre composée en grande partie de sesquioxyde de fer. Cette corrosion s'étend alors sous la couche de goudron et la soulève par écailles.

On a vu, dans la plupart des cas, que les corrosions par pustules séparées finissaient par former une corrosion par surface, le défaut s'étendant avec une certaine rapidité.

2° Les corrosions intérieures par suite des flexions alternatives de certaines pièces ; ce cas de corrosion est assez commun dans les chaudières à foyer intérieur et dans les chaudières tubulaires. La pièce exposée dans cette catégorie de corrosions était une partie de la plaque tubulaire d'arrière d'une locomotive.

Quelques trous des tubes présentaient d'abord des cassures plus ou moins importantes ; en outre, toute la partie baignée par l'eau était corrodée le long de la courbure de la tôle et suivant le dos d'âne de l'embouti. La corrosion cessait, au contraire, dans la partie en contact avec la vapeur, où la plaque était maintenue par des tirants.

Ces phénomènes peuvent être expliqués de la façon suivante : Pour pouvoir river et réparer les fentes de la rivure de jonction des plaques tubulaires avec le corps cylindrique, on met du côté de l'eau la partie extérieure du rabattement du collet, et, comme dans cette opération, ce côté du fer travaille avec extension, il est plus sujet à présenter de légères criques ou fissures.

D'un autre côté, les tubes de laiton se dilatant beaucoup plus que le corps cylindrique, la plaque tubulaire est soumise à des flexions alternatives, qui forment des crevasses en divers endroits de la partie rabattue. L'eau séjourne dans ces cavités et accélère la formation de corrosions importantes. Ces corrosions gagnent les lignes de rivets et occasionnent des cassures qui peuvent amener des effets redoutables.

3° Les corrosions des tôles de coup de feu. — Ces sortes de détériorations proviennent toujours des incrustations qui se forment, de préférence, dans cette partie des chaudières. Elles se développent aussi sous l'influence d'eaux d'alimentation acides ; l'action de ces acides est augmentée par l'action de la chaleur intense des tôles. Les corrosions, qui se forment sous ces deux conditions, s'étendent rapidement et rongent les tôles très profondément.

Il arrive parfois qu'une tôle de coup de feu, étant corrodée intérieurement afin d'éviter une rupture, on boulonne et on rive à l'extérieur une deuxième épaisseur de tôle. Cette manière d'opérer est mauvaise. La corrosion s'étend, ronge jusqu'à la nouvelle tôle et produit sur cette dernière les mêmes effets que sur la précédente. Il vaut mieux, dans ces conditions couper franchement la partie corrodée et boulonner ou river une pièce sur les bords de l'ouverture ainsi formée.

4° Les corrosions dans les ciels d'air ou de vapeur. — Ces corrosions proviennent en général de la formation de capacités d'air ou de vapeur dans le haut des bouilleurs ou des réchauffeurs. Elles se développent souvent sans qu'on en soupçonne l'existence. Il faut pour les éviter tenir la main à ce que les corps de bouilleurs présentent des génératrices supérieures absolument horizontales. Faute de

l'observation de cette règle, des ciels de vapeur se forment aux extrémités, près de la rivure des bouchons. Les corrosions qui en dérivent causent des craquelures dans la fonte de ces bouchons. De là, chances d'explosion, rupture des rivets corrodés, déchirures dans les tôles, etc.

Il faut de plus, dans l'étude ou la construction d'un bouilleur ou d'un réchauffeur horizontal, veiller à ce que les viroles qui portent les communications, soient celles du plus grand diamètre. Dans le cas où une virole quelconque aurait un diamètre supérieur, on conçoit qu'il se formera dans cette virole une chambre de vapeur, et par suite une corrosion.

5° Les corrosions des bouilleurs constatées après l'enlèvement des incrustations. — Sous les dépôts calcaires qui recouvrent les tôles intérieurement, il n'est pas rare de trouver des corrosions profondes, surtout près des rivures. On a vu des lignes de têtes de rivets complètement rongées sur de grandes longueurs. Dans ces conditions de marche, on peut toujours s'attendre à un écartement spontané de tôles, ou tout au moins à des corrosions de surfaces d'assemblage, et par suite à des déchirures entre rivets.

## VII. — CORROSIONS DES COMMUNICATIONS.

Les communications qui existent entre les bouilleurs et le corps cylindrique des chaudières sont susceptibles de se corroder très sérieusement. La visite intérieure de ces parties étant assez pénible, et souvent impossible à faire, on comprend qu'on s'expose en maintes occasions, à des accidents auxquels on ne songe même pas. L'exposition collective des associations comprenait quelques spécimens de communications corrodées intérieurement. On remarquait dans cette variété une communication provenant d'une chaudière à deux bouilleurs placée à cheval sur la rivure longitudinale de l'enveloppe sur laquelle elle était fixée; cette disposition désavantageuse, ne permettait pas au collet rabattu de la communication de s'appliquer exactement à la fois sur l'une et l'autre tôle de l'enveloppe du corps cylindrique; il en était résulté des fuites nombreuses et des corrosions profondes.

On pouvait voir encore une communication corrodée sur une de ses génératrices par un courant de vapeur, et plusieurs échantillons de mêmes pièces dont les collets étaient absolument mangés et réduits à l'épaisseur d'une feuille de papier.

Les fuites aux communications se déterminent, en général, sous l'influence des différences de dilatations entre le corps cylindrique et les bouilleurs. Il résulte même quelquefois de ces conditions, des cassures dans la ligne des rivets des colerettes. Ces détériorations viennent s'ajouter à la corrosion des tôles qui se développe souvent au point de trouser celles-ci.

Les fuites des rivures de communications, en outre des dommages qu'elles peuvent causer à la tôle des communications elles-mêmes, corrodent l'enveloppe des bouilleurs ou des corps cylindriques. Ces corrosions sont activées par le dépôt des suies qui peut s'opérer autour des rivures et par les arrêts prolongés des chaudières.

#### VIII. — DÉFAUTS DE CONSTRUCTION.

Les défauts de construction sont les causes d'accidents nombreux. L'exposition collective des associations présentait des débris d'explosions ou d'accidents divers dus à ces défauts. Nous signalerons, parmi les plus importants et les plus intéressants :

1° Les tôles d'une chaudière horizontale de 600 litres, ayant fait explosion à Lyon, le 12 novembre 1883. Cette chaudière s'était rompue le long de la ligne de rivets supérieure, près des lignes de rivets et à l'emboutissage des fonds. Elle s'était également déchirée en pleine tôle dans la feuille de coup de feu. On doit attribuer cette explosion à des défauts de constructions graves, à l'emploi de mauvais matériaux et à l'existence, avant l'accident, de cassures en pleine tôle et entre les rivets. De plus, la génératrice suivant laquelle avait eu lieu la rupture, était affaiblie par le trou d'homme et les prises de soupapes de sûreté.

2° Les enveloppes déchirées d'un générateur, ayant fait explosion dans une scierie à Givors (Rhône), le 4 décembre 1885. Cette chaudière, timbrée en 1876, à 5 kilg. 1/2, se composait d'une ancienne chaudière de locomobile, devant laquelle on avait adapté une tranche de chaudière à foyer intérieur de 1 mètre de longueur. L'enveloppe avait 10 millimètres d'épaisseur et le foyer 11 millimètres. Ces deux corps de chaudières étaient mal reliés par des tubes de 50 millimètres de diamètre; le trou d'homme n'était pas armé, l'avant corps était absolument inaccessible.

L'enveloppe trop mince, en mauvaise tôle, et trop affaiblie sur sa génératrice supérieure par la présence du trou d'homme et des prises, s'était déchirée et complètement développée.

3° Les tôles et les plaques tubulaires d'une chaudière de locomobile, ayant fait explosion à Lyon, le 20 mai 1876. — Cette chaudière, de construction anglaise, éclatait un matin, pendant sa mise en feu, alors que la pression n'était pas encore à 4 kilg. 1/2. Elle était de mauvaise fabrication, mal entretenue, et les parois de la boîte à feu et de l'enveloppe étaient matelassées, c'est-à-dire soulevées en calettes sphériques dans chaque carré de quatre entretoises. Les têtes de ces entretoises, matées plusieurs fois, étaient réduites à leur plus simple expression, et ne tenaient plus les tôles d'une façon suffisante.

La locomobile fut presque complètement détruite, l'enveloppe se déchira au-

tour du foyer, et le faisceau tubulaire fut arraché entièrement. Les conséquences de l'accident furent deux hommes tués, deux autres blessés, et des dégâts matériels considérables.

4° Les débris des explosions de Digoin, du 8 mars 1881; de Lyon, du 12 octobre 1880; de Saint-Chamond, du 21 décembre 1887, arrivées, la première par le mauvais état général de l'appareil et la négligence du conducteur; la deuxième par suite de vices de constructions divers, et la troisième par l'emploi de mauvais matériaux et la préexistence de cassures en pleine tôle.

5° Les tôles déchirées de l'appareil à cuire les bois, qui fit explosion à Villefranche, le 3 avril 1886.

6° Un grand nombre d'échantillons de divers organes dont les trop faibles dimensions ou la mauvaise qualité causèrent des explosions ou des ruptures plus ou moins considérables : tampons de vidange brisés, fonds de bouilleurs déchirés, tôles de chaudières développées, étriers de joints non autoclaves d'une chaudière multitubulaire rompus, tubes-tirants de chaudières tubulaires sectionnés au filetage, etc., etc.

#### IX. — DÉFAUTS DANS LES RIVURES ET LES RIVETS

La rivure des enveloppes préoccupe à juste titre tous les constructeurs de chaudières. Elle mérite d'ailleurs les plus grands soins.

Il arrive souvent qu'un rivet sous des apparences satisfaisantes ne présente aucune sécurité, les fibres étant à peine repliés sur elles-mêmes pour former la tête. Il faut donc que l'ouvrier mate avec soin toute la surface des têtes de rivets et n'abandonne cet ouvrage que lorsque l'étanchéité et la sécurité sont absolument assurées.

Dans la rivure métallique, il est extrêmement important que les tôles à river soient bien appliquées l'une sur l'autre. Sinon, le refoulement du rivet quand on écrase la tête a pour effet de faire pénétrer un bourrelet de métal entre les tôles et d'empêcher l'étanchéité. Il faut, en outre, éviter que les têtes de rivets ne soient trop aplaties par la machine; dans ce cas les fibres subissent un rebroussement qui diminue de beaucoup l'efficacité de la rivure.

Il est très défectueux pour une tête de rivet d'être frappée de côté ou mal aplatie; elle ne porte pas sur toute sa circonférence et présente de ce fait des points faibles dans lesquels il est fréquent de voir se déterminer des cassures ou des criques.

Une mauvaise condition de rivure est encore celle de deux tôles dont les trous ne se correspondent pas exactement. On est tout d'abord obligé pour enfoncer le rivet, de ramener au moyen de broches, les deux trous en correspondance. Quand les broches sont retirées, les tôles travaillent par cisaillement sur le milieu du

corps du rivet et lui font subir quelquefois d'importantes déformations. Une telle rivure occasionne rapidement des fuites auxquelles il est difficile de remédier d'une façon efficace. Elle ne présente en outre aucune sécurité, les fibres du rivet étant contournées dans leur parcours et la section de ce rivet en son milieu étant notablement diminuée.

#### X. — RÉPARATIONS MAL FAITES

Il faut, quand une partie d'une chaudière est défectueuse, examiner attentivement l'étendue du mal et donner à la réparation toute l'importance qu'elle exige. C'est toujours une économie mal placée que de regarder à quelques centimètres de tôle pour une pièce à mettre ou d'hésiter à enlever franchement les parties malades pour les remplacer.

L'exposition des associations comprenait, entre autres échantillons, une tôle de bouilleur dans laquelle une petite bosse avec crique s'était manifestée par suite d'un coup de feu. Au lieu d'enlever la partie atteinte et de la remplacer par une pièce rivée dans la partie saine, on s'était contenté de mettre une pièce formant emplâtre à l'intérieur. Cette pièce était toutefois très bien mise.

Quelque temps après la bosse ancienne se fissurait longitudinalement; on perça deux trous aux extrémités de la fente pour l'arrêter, mais celle-ci continuant à s'étendre et à gagner la rivure de la tôle, on mit une pièce plus grande, mais en laissant toujours la bosse.

Après cette deuxième réparation, la fissure primitive qui était perpendiculaire à l'axe de la coupe, s'étendit à son tour; on chercha à l'arrêter par des trous, mais comme l'autre crique, elle passa outre; on mit une troisième pièce plus grande mais on laissa toujours la cause primordiale de tout le mal, c'est-à-dire la bosse centrale.

Les deux fentes perpendiculaires s'allongèrent et malgré les trous qu'on perça de distance en distance pour les arrêter, elles prirent un si grand développement qu'on dut se résigner à changer la tôle. Il est évident qu'au début si on avait supprimé radicalement la bosse, le défaut fut resté stationnaire.

Un autre échantillon exposé indiquait les défauts que peut amener une pièce mal mise et mal rivée. C'était une tôle mise à un bouilleur qu'on avait du perforer. Les trous de rivets ne se correspondant pas de la pièce à l'enveloppe du bouilleur, le chaudronnier négligent avait broché vigoureusement les trous de la pièce, ce qui avait amené plusieurs cassures dans cette pièce qui dut être remplacée presque immédiatement. Cette défectuosité dans la réparation mérite une attention spéciale. Elle est une des nombreuses conséquences du brochage que l'on emploie encore beaucoup trop dans certains travaux de chaudronnerie.

Dans la même catégorie, était exposée la virole de coup de feu d'une chau-

dière à deux bouilleurs inférieurs. La rivure longitudinale, dont la confection première laissait beaucoup à désirer, avait fui sur une certaine longueur et pour étancher cette fuite, les ouvriers l'avaient matée trop violemment.

Les têtes de rivets avaient été aussi refoulées au matoir et ce travail, mal fait, avait dû provoquer des commencements de cassures entre les rivets. Il est en outre possible, que lors de la construction, la tôle avait été criquée au cintrage, le constructeur étant mal outillé pour cette opération. Peu de temps après la réparation que nous avons signalée, la rivure se rompit dans la partie matée sur une longueur de 1<sup>m</sup>,20 et laissa échapper un torrent d'eau bouillante qui brûla deux ouvriers. Il n'y eut toutefois aucune projection de corps solides.

L'exposition relative aux réparations mal faites comprenait encore plusieurs échantillons intéressants, notamment deux boulons provenant d'une pièce mise à un bouilleur ; l'assemblage à boulons, peu étanche, avait laissé suinter l'eau sur les têtes de ces boulons qui étaient presque complètement rongées.

Ces divers exemples indiquent d'une manière suffisante l'importance qu'on doit attacher aux réparations de chaudières. Il est essentiel de retenir qu'une réparation mal faite est de l'argent dépensé en pure perte, car elle n'enraye jamais le mal ; elle fait même souvent naître des défauts qui viennent aggraver la situation.

#### XI. — DÉFAUTS DIVERS.

Des conditions de diverses natures peuvent occasionner des accidents ou des défauts dans les organes soumis à l'action intérieure de l'eau et de la vapeur et à l'action extérieure des gaz chauds. L'exposition collective des associations présentait dans une section spéciale une catégorie de divers échantillons ayant subi des dépréciations de plus ou moins d'importance ; ces dépréciations étaient le fait d'accidents ou de mauvaises conditions d'établissement, nous donnons ci-après pour les cas les plus intéressants de cette série les effets produits et leurs causes.

1° Explosion à Lyon d'une locomobile, sur la voie publique, le 6 juillet 1885.— La chaudière de cette locomobile était du type à tubes Field. Son volume était 350 litres et son timbre 6 kilogrammes. Les soupapes étaient des balances du système généralement employé dans les locomotives. Le manomètre ne pouvait pas indiquer une pression supérieure à celle du timbre ; la course de l'aiguille se terminait à ce chiffre. Le chauffeur s'étant absenté pendant que la locomobile stationnait sur la voie publique, le foyer se déchira, la chaudière fut arrachée de la voiture et lancée à 12 mètres de distance par dessus le cocher et les chevaux qui ne furent pas atteints. L'avant-train fut projeté à 40 mètres.

Les causes de cet accident sont un excès de pression qu'il faut attribuer à l'absence du chauffeur et au mauvais état des appareils de sûreté. Les soupapes n'avaient pas fait entendre le moindre bruit avant l'explosion.

2° Déchirure d'une chaudière Field au Cheylas, près Allevard (Isère) le 1<sup>er</sup>

août 1882. — Cette chaudière était munie d'une cheminée en cuivre étiré de 20 centimètres de diamètre, qui avait été usée intérieurement par le frottement des cendres entraînées par le tirage forcé. La cheminée soumise extérieurement à la pression de la chaudière se déchira sur une longueur de trente centimètres environ suivant une génératrice.

L'inégalité de l'usure était due, sans doute, à la mauvaise direction donnée au tirage par le jet d'échappement de vapeur. En outre le cuivre n'avait pas une épaisseur uniforme ; les corrosions dues aux frottements des cendres l'avaient réduit à une épaisseur insuffisante.

3° Accident survenu à une chaudière horizontale composée d'un corps cylindrique traversé dans toute sa longueur par un bouilleur de 535 millimètres de diamètre. Ce bouilleur était assemblé aux fonds du corps cylindrique au moyen de cornières. En quelques points de sa longueur ses parois étaient armées de cornières circulaires desquelles partaient des tirants venant s'assembler au corps cylindrique par des équerres en fer.

Le premier parcours des gaz chauds avait lieu autour du corps cylindrique et le second dans le tube.

On fit subir à ce générateur un essai à la presse hydraulique. Cet essai à froid ayant déterminé quelques légères déformations dans le tube, celui-ci fit explosion quelques jours plus tard en s'aplatissant sur les quatre cinquièmes de sa longueur et en arrachant les tirants et les équerres en fer.

4° Déchirure d'un réchauffeur commun à deux générateurs par suite de la fermeture brusque et simultanée des robinets d'admission de l'eau sur les deux chaudières voisines, c'est-à-dire par l'interception spontanée de la communication entre le réchauffeur et les chaudières. Ce réchauffeur n'était pas muni d'une soupape de sûreté ; il était alimenté à l'eau froide et l'explosion n'a causé aucune projection de corps solides. Il y eut seulement un soulèvement de briques et une évacuation d'eau qui ne firent que des dégâts de peu d'importance ; la déchirure se produisit le long de la ligne des rivets.

5° Fentes produites dans l'enveloppe cylindrique d'une chaudière verticale à bouilleurs croisés. Cette chaudière était restée pleine d'eau pendant l'hiver 1879-80. Le bloc de glace d'un des bouilleurs transversaux exerça une poussée si considérable sur l'autoclave qui se trouvait en regard, que la paroi du corps cylindrique se déchira en trois endroits autour du trou d'autoclave.

6° Usure d'un tuyau courbé au sommet du coude par suite du frottement de la vapeur et de corrosions internes causées par ce frottement.

7° Cassure dans une virole de générateur fixe, causée par un support en fonte formant piétement. Le poids du générateur faisant effort sur le support, celui-ci fit naître une dépression dans la tôle qui au bout de peu de temps se fendilla et se rompit.

8° Arrachement des naissances d'un tube inférieur de chaudière multitubu-

laire à collecteurs rigides. Nous avons vu souvent au cours de notre étude que les tubes inférieurs, plus chauffés que leurs voisins, s'allongent davantage et qu'ils finissent par se courber tellement que leur remplacement s'impose. Quelquefois, cette dilatation fait que l'une des extrémités du tube se déboîte et occasionne une fuite.

9° Explosion d'un tube en laiton de chaudière verticale. Ce tube était disposé obliquement; il était chauffé extérieurement par les gaz de la combustion et maintenu à ses deux extrémités dans les parois de la boîte à feu. Sa dilatation étant gênée, il se courba. Les fibres extérieures de la courbure, plus fatiguées, finirent par céder et le tube se développa dans le foyer laissant vider la chaudière sur la grille, sans toutefois amener d'autres complications.

10° Types d'ouvertures produites dans des tubes de chaudières multitubulaires.

11° Corrosion produite par la présence d'un fil de cuivre dans le faisceau tubulaire d'un générateur.

12° Spécimens de boîtes de raccordement des tubes d'un générateur multitubulaire, ayant fait explosion par suites de corrosions intérieures dues aux incrustations ou de corrosions provoquées par les fuites.

13° Appareils de robinetterie ayant subi des détériorations diverses, plaques et tubes corrodés par le passage de la vapeur, etc., etc.

## XII. — INCRUSTATIONS

L'exposition des associations présentait un certain nombre de tôles incrustées dont il serait assez long de donner le détail. Nous mentionnerons seulement quelques exemples comme présentant des particularités intéressantes.

1° Communication en tôle d'une chaudière à deux bouilleurs inférieurs. Cette communication était en grande partie obstruée par l'incrustation. Elle ne présentait plus sur une section totale de 300 millimètres de diamètre qu'un passage circulaire de 100 millimètres de diamètre.

2° Morceau de tube d'économiseur Green, en fonte, presque complètement bouché par les dépôts adhérents.

3° Dépôts d'incrustations dans des chaudières horizontales à foyer intérieur et dans des chaudières à faisceau tubulaire. Dans le premier cas les dépôts tapissent la partie inférieure des viroles et les surfaces des communications en tôle. Dans le second, en outre des dépôts qui s'attachent aux viroles, le faisceau tubulaire est parfois entièrement pris par un amas de calcaires. Il en résulte une surchauffe inutile du métal de ces tubes qui s'usent rapidement et exposent la chaudière à des accidents graves.

4° Exemple d'une fourche d'alimentation d'eau entièrement obstruée par les incrustations. Les tuyaux qui amènent l'eau à la chaudière sont sujets à ces dé-

pôts de matières adhérentes qui, en diminuant de plus en plus leur section, causent une augmentation considérable du travail résistant de la pompe alimentaire ou de l'injecteur. Il en résulte souvent des ruptures dans la colonne de refoulement.

5° Obstruction partielle ou totale d'un tube Field par les dépôts adhérents. On sait que ces tubes sont attachés au ciel du foyer par leur extrémité supérieure et qu'ils sont entièrement soumis à l'action des flammes ; on sait également qu'ils renferment un tube intérieur pour faciliter la circulation de l'eau et de la vapeur. Quand l'eau d'alimentation est incrustante, un dépôt calcaire se forme à la partie inférieure des deux tubes et empêche absolument la circulation. On comprend que, dans ces conditions, la production de la chaudière baisse considérablement et que les extrémités des tubes brûlent rapidement.

Nous avons, à différentes reprises dans le cours de notre examen des générateurs, traité des chances d'incrustations et du traitement de ces incrustations dans les différents types. Nous ne reprendrons pas ici ces observations ; nous nous en tiendrons à la relation des exemples fournis par l'exposition collective des associations françaises.

---

## RÉSUMÉ

---

A la suite de ce long examen des générateurs de vapeur ayant figuré à l'Exposition ainsi que des appareils accessoires dont nous nous sommes occupés, il nous semble utile de fixer les idées d'une manière plus absolue sur l'ensemble de notre travail.

Bien que d'une certaine longueur, ce travail est encore incomplet. Nous avons dû nous borner à faire figurer dans notre examen et dans nos descriptions les générateurs et les appareils spéciaux les plus en vue. Les chaudières du service de la force motrice et du service du Syndicat des électriciens ont été passées en revue d'une façon presque complète ; il en est de même pour les appareils les plus importants et les plus intéressants figurant à l'état inerte dans le Palais des Machines.

Quant aux accessoires de chaudières à vapeur, manomètres, robinetterie, etc., quant à la fumisterie industrielle, cheminées d'usine, fourneaux, foyers, grilles, etc., quant aux désincrustants, aux calorifuges, en un mot, quant aux appareils ou produits qui de loin ou de près touchent à la question de la génération de la vapeur, nous avons dû, par crainte de nous étendre trop avant, glisser sur beaucoup d'entre eux .

Sans prétendre réparer ce dommage, il est cependant de notre devoir de mettre sous les yeux du lecteur le résumé des appareils spéciaux qui figuraient à l'Exposition et qui appartenaient au chapitre industriel si vaste dont l'étude nous avait été confiée.

Nous avons dressé une liste que nous donnons ci-après et qui comprend la totalité des générateurs, appareils et produits en question.

Cette liste a été divisée pour le facile classement et pour la recherche des renseignements en un certain nombre de paragraphes dont l'énumération suit :

1° Générateurs de vapeur figurant à l'Exposition à l'état actif et assurant des services divers (Palais des Machines, stations d'électricité, ascenseurs de la Tour Eiffel, etc.)

2° Générateurs de vapeur exposés à l'état inerte dans le Palais des Machines (classe 52) et dans les diverses sections d'exposants affectées à la même classe d'appareils (Galeries du quai, pavillons dans le parc, etc.).

3° Les appareils accessoires de chaudières à vapeur, manomètres, soupapes de sûreté, indicateurs de niveau d'eau, valves, clapets de retenue, sifflets d'alarme, etc.

4° Les appareils de robinetterie employés dans les générateurs à vapeur.

5° Les cheminées d'usine, fourneaux et foyers spéciaux, grilles de combustion de divers systèmes en un mot, toute la fumisterie industrielle.

6° Les produits divers employés pour la désincrustation des corps de chaudières ou des faisceaux tubulaires.

7° Les procédés et les appareils spéciaux employés pour effectuer l'épuration des eaux industrielles et les rendre utilisables pour l'alimentation des générateurs de vapeur.

8° Les différents outils de nettoyage des chaudières.

9° Les calorifuges de tous systèmes employés dans le revêtement des corps de chaudières ou de réservoirs, des canalisations de vapeur, des enveloppes de machines réfrigérantes, etc.

10° Les divers systèmes de joints à vapeur.

11° Les dessins d'installation de générateurs et les journaux ou publications qui s'occupent de ces questions spéciales.

12° Les petits modèles de démonstration et d'une manière générale toutes expositions particulières ayant un caractère bien défini d'enseignement.

Nous avons fait figurer dans chaque paragraphe, la totalité des appareils exposés qui s'y rattachent. Nous n'avons pas fait d'exception pour ceux que nous avons vus et étudiés dans leurs détails au court de cet article. On a donc ici le relevé complet des appareils soumis à notre examen.

## I. — GÉNÉRATEURS EN MARCHÉ

Ces générateurs ont été presque tous décrits dans ce fascicule et représentés dans notre atlas. Le système multitubulaire figurait dans les dix installations suivantes :

1° MM. J. Belleville et C<sup>ie</sup>, ateliers et chantiers de l'Hermitage, à St-Denis (Seine) six générateurs dans la cour de la Force motrice, trois dans la station centrale d'électricité de la Compagnie continentale Edison.

2° MM. de Naeyer et C<sup>ie</sup> à Willebroeck (Belgique) et à Lille, rue du Chevalier français. Six générateurs dans la cour de la Force motrice et un septième à la station centrale du Syndicat international des électriciens.

3° M. Roser, rue Petit, à St-Denis (Seine). Cinq générateurs dans la cour de la force motrice, deux sur la berge de la Seine, à la station centrale de la société « L'Eclairage électrique » quatre à la station de la société pour la transmission de la force par l'électricité, et un à la station centrale du Syndicat international des électriciens.

4° MM. Daydé et Pillé, à Creil (Oise). Quatre générateurs, système Lagosse et Bouché dans la cour de la force motrice. Deux de ces générateurs pour le ser-

vice du Palais des Machines, les deux autres pour le service de la station d'électricité Steinlen et C<sup>ie</sup>.

5° MM. Conrad Knap et C<sup>ie</sup>, City Iron Works à Lincoln (Angleterre) et à Londres, 111, Queen Victoria street. Un générateur, système Root dans la cour de la force motrice.

6° La compagnie Babcock et Wilcox, à New-York, à Londres, Newgate street, 114 et à Glasgow, Hope street, 107. Deux générateurs dans la cour de la Force motrice, un troisième à l'usine élévatoire de la Compagnie Worthington, sur la berge de la Seine, à l'extrémité de l'avenue de Suffren.

7° M. Lacroix (Edouard), 190, quai Jemmapes à Paris. Un générateur à la station centrale du Syndicat international des électriciens.

8° M. Pressard, 149, boulevard Voltaire, à Paris. Un générateur à la même station.

9° La Société générale coopérative pour la construction des générateurs système Terme et Deharbe, 81, boulevard Voltaire, à Paris. Un générateur à la même station et trois à la station centrale de la société « l'Eclairage électrique » sur la berge de la Seine.

10° La Société anonyme pour l'exploitation des générateurs, système A. Collet et C<sup>ie</sup>, 125, rue de Flandre, à Paris. Quatre générateurs dans la pile 3 de la Tour Eiffel, un cinquième à l'usine élévatoire de MM. de Quillacq et Meunier sur la berge de la Seine, un sixième dans le pavillon de la République Argentine.

Les générateurs des divers autres systèmes étaient ceux des maisons suivantes:

1° Maison L. Fontaine, à la Madeleine-lez-Lille (Nord). Un générateur semi-tubulaire dans la cour de la force motrice.

2° M. Dulac, 74, rue des Boulets, à Paris. Un générateur de son système, à grande capacité et à tubes pendentifs; nous avons vu que ce générateur fournissait la vapeur à la même canalisation que celui de M. Fontaine.

3° La Compagnie de Fives-Lille, 64, rue Caumartin, à Paris. Un générateur semi-tubulaire à foyer intérieur et à réservoir supérieur de vapeur, dans la cour de la force motrice.

4° La Société centrale de constructions de machines, 50, route d'Aubervilliers à Pantin (MM. Weyher et Richemond, administrateurs-délégués). Deux générateurs semi-tubulaires, système Thomas et Laurens, à retour de flammes et à foyer amovible.

5° M. Durenne, à Courbevoie (Seine). Une chaudière en service à la station du Syndicat international des électriciens. Chaudières horizontales et verticales. Type de chaudière verticale à circulation d'eau (Palais des Machines, classe 52).

6° M. Montupet (Antoine), 19, rue de la Voûte, à Paris. Chaudière Field, chaudière à retour de flammes; chaudière multitubulaire (Palais des Machines, classe 52); Une chaudière en marche à la station du Syndicat international des électriciens.

7° MM. Archambault et Soucaille, à Saint-Denis (Seine). Une chaudière en service à la Station du Syndicat international des électriciens.

8° MM. Davey Paxman et C<sup>ie</sup>, à Colchester (Angleterre). Neuf générateurs du type « locomotive » dans la station centrale d'électricité de la société Gramme; quatre de ces générateurs alimentent la section américaine du Palais des Machines, les cinq autres, les machines motrices de la station Gramme.

9° La Société anonyme de chaudronnerie et fonderies liégeoises, quai Orban à Liège (M. Pétry-Chaudoir, administrateur-délégué). Un générateur système Barbe, à la station de MM. Bon et Lustremant et de MM. Mégy, Echeverria et Bazan, concessionnaires des ponts roulants du Palais des Machines.

10° La « Colts' Pat. Fire Arme Manuf. C<sup>o</sup> », à Hartford (Connecticut). Une chaudière verticale, système Baxter, dans le Palais des Machines (Section des Etats-Unis).

11° La Société des générateurs à vaporisation instantanée (système Serpollet) rue des Cloys, 27, à Paris et 5, avenue de l'Opéra. Une série d'applications du générateur Serpollet, dans le pavillon spécial de la Société, en aval du pont d'Iéna, sur la berge de la Seine.

## II. — GÉNÉRATEURS A L'ÉTAT INERTE

Les maisons dont l'énumération suit exposaient des générateurs de vapeur qui ne fonctionnaient pas. Ces générateurs étaient placés pour la plupart dans le Palais des Machines, classe 52.

1° M. Aubert (Alexandre), 4, rue Claude-Vellefaux, à Paris. Une chaudière à retour de flammes pour locomobile de 10 chevaux et une chaudière à tubes démontables pour machine demi-fixe de 5 chevaux (Palais des Machines, classe 52).

2° La Société anonyme des anciens établissements Cail, à Paris, 15, quai de Grenelle. Une série de chaudières de locomotives, de locomobiles et de générateurs divers, dans le pavillon spécial de la Société (côté Bourdonnais).

3° MM. Bonnet, Sparzin et C<sup>ie</sup>, (anciens ateliers Debiaune et C<sup>ie</sup>) à Lyon-Vaise. Une chaudière multitubulaire, système Terme et Deharbe (Palais des Machines, classe 52).

4° M. Bordone (J. Philippe) 48, rue La Condamine, à Paris. Une chaudière fumivore de son système (Palais des Machines, classe 52).

5° MM. Bronhot et C<sup>ie</sup>, à Vierzon (Cher), concessionnaires du brevet Terme et Deharbe. Chaudières et locomobiles à flammes directes et à retour de flammes (Palais des Machines, classe 52).

6° MM. Chaligny et C<sup>ie</sup>, 54, rue Philippe de Girard, à Paris. Une série de chaudières de locomobiles (Palais des Machines, classe 52).

7° M. Damey (J.-Alexis), à Dôle (Jura). Locomobiles avec chaudières hori-

zontales, système Damey (Palais des Machines, classe 52), application du surchauffeur d'eau d'alimentation aux chaudières fixes.

8° M. Delahaye, à Tours, 34, rue du Gazomètre. Une chaudière multitubulaire, système Terme et Deharbe (Palais des Machines, classe 52).

9° MM. de Dion, Bouton et Trépardoux, à Puteaux (Seine), 20, rue des Pavillons. Un générateur de leur système (Palais des Machines, classe 52).

10° M. Durenne, à Courbevoie (Seine). Type de chaudière verticale à circulation d'eau (Palais des Machines, classe 52).

11° M. Girard (Armand), 42, quai de la Loire, à Paris. Divers systèmes de générateurs de vapeur (Palais des Machines, classe 52).

12° MM. Imbert frères, à Saint-Chamond (Loire). Chaudières ordinaires et série de travaux de chaudronnerie sans rivures (Palais des Machines, classe 52).

13° M. Le Blanc (Jules), 52, rue du Rendez-Vous. Chaudières à vapeur ordinaires (Palais des Machines, classe 52).

14° M. Martin (Henri), à Sotteville-les-Rouen (Seine-Inférieure). Modèle en tôle de générateur à vapeur (Palais des Machines, classe 52).

15° MM. Merlin et C<sup>ie</sup>, à Vierzon (Cher). Chaudières de locomobiles; chaudières à foyer amovible, fixes, demi-fixes et à flammes (Palais des Machines, classe 52).

16° MM. Meunier et C<sup>ie</sup>, 80, rue des Processions, à Fives-Lille. Modèles de générateurs semi-tubulaires; échantillons des tôles d'acier employées par la maison; travail préparatoire de chaudronnerie; viroles de chaudières coupées dans l'axe des rivures, etc. (Palais des Machines, classe 52).

17° M. Montupet (Antoine), 19, rue de la Voûte. Chaudière multitubulaire (Palais des Machines, classe 52)

18° MM. Ch. Morelle et C<sup>ie</sup>, à Anzin (Nord). Générateur multitubulaire, système Charles et Babillot (Palais des Machines, classe 52).

19° Société des établissements Carion-Delmotte, à Anzin (Nord). Générateurs divers (Palais des Machines, classe 52).

20° M. Trainard (Félix), à Vienne (Isère). Générateur (Palais des Machines, classe 52).

21° M. Villette, à Lille (Nord). Chaudière multitubulaire, système Terme et Deharbe, pouvant produire 2,000 kilogrammes de vapeur à l'heure. Cette chaudière était installée à la Station centrale de la Société d'éclairage électrique. Chaudières Galloway; chaudières semi-tubulaires et verticales; chaudières tubulaires; générateurs à bouilleurs locomobiles; réservoirs de grandes dimensions.

22° MM. Gausset et C<sup>ie</sup>, à Jumet (Belgique). Chaudière à vapeur (Annexe de la classe 52, berge de la Seine).

23° M. Haurez (Prosper), 9, rue Morès, à Bruxelles. Générateur multitubulaire, système Haurez (Annexe de la Belgique, classe 52).

24° MM. Galloway et fils, à Manchester. Chaudières système Galloway (Palais des Machines, section britannique).

25° M. Hindley, à Bourton, Dorset et à Londres, 11, Queen Victoria Street. Chaudières horizontales et verticales (Palais des Machines, section britannique).

26° Leeds Forge (Limited), à Leeds (Angleterre). Appareils générateurs divers; série d'échantillons de tôles d'acier embouties à la presse hydraulique (Palais des Machines, section britannique).

27° École des Machinistes à Amsterdam. Modèles de chaudières tubulaires (Palais des Industries diverses, section des Pays-Bas).

28° Escher Wyss et C<sup>ie</sup>, à Zurich. Générateurs de vapeur pour machines locomobiles ou demi-fixes (Palais des Machines, section suisse).

### III. — APPAREILS ACCESSOIRES

Les exposants d'appareils accessoires de générateurs de vapeur étaient excessivement nombreux. Nous avons eu, au cours de cet article, à parler d'un certain nombre d'entre eux. Nous en donnons ci-après une nomenclature complète.

1° M. Bourdon (Édouard), 74, rue du Faubourg-du-Temple, à Paris. Manomètres métalliques, système Bourdon; appareils de sûreté pour générateurs de vapeur; indicateurs de niveau d'eau à flotteurs; dynamomètres; graisseurs oléométriques; machines à graduer les manomètres, etc. (Palais des Machines).

2° M. Casse, 15, rue du Terrage, à Paris. Manomètres métalliques (Palais des Machines).

3° MM. Devaux et Daclin, à Lyon, 18, quai de Vaise. Manomètres pour locomobiles, pour appareils à vapeur et hydrauliques, etc. (Palais des Machines).

4° M. Ducomet, 20, rue des Petits-Hôtels, à Paris. Manomètres métalliques système Ducomet (Palais des Machines).

5° MM. Guichard, Bisson et C<sup>ie</sup>, 8, rue de Rocroy, à Paris. Manomètres métalliques; détendeurs de vapeurs; compteurs; enregistreurs, etc. (Palais des Machines).

6° M. Maxant, 64, rue de Saintonge, à Paris. Manomètres métalliques; indicateurs du vide; dynamomètres; pyromètres; tubes de niveau d'eau, etc. (Palais des Machines).

7° M. Mignot, 34, rue Gauthey, à Paris. Manomètres de divers modèles. (Palais des Machines).

8° M. Moullart (Benjamin), 112, rue de Belleville, à Paris. Manomètres métalliques (Palais des Machines).

9° Crosby Steam Gauge et Valve C<sup>o</sup>, à Boston (Mass). Manomètres métalliques graisseurs pour machines à vapeur. Série complète de la fabrication. Sou-

papes de sûreté pour générateur de vapeur, etc. (Palais des Machines, classe 52, section des États-Unis).

10° M. Bablon, 42, rue Boulard. Soupape de sûreté (Palais des Machines, classe 52).

11° M. Carette, à Hamégicourt (Aisne). Appareils de sûreté de divers systèmes pour générateurs de vapeur. L'application de ces appareils était faite sur le groupe de chaudières de MM. de Naeyer et C<sup>ie</sup>, dans la Cour de la Force motrice.

12° M. Chandré, 91, boulevard de Vaugirard, à Paris. Indicateurs métalliques de niveaux et appareils de sûreté pour générateurs de vapeur (Palais des Machines).

13° M. Coret, à Bourges (Cher), 6, rue de Lorraine. Soupape de sûreté perfectionnée (Palais des Machines).

14° MM. Cuau aîné et C<sup>ie</sup>, 234, rue Championnet, à Paris. Injecteurs aspirants; injecteurs non aspirants; éjecteurs à cônes divergents; injecteurs automatiques pour l'alimentation des chaudières, dits éjecto-injecteurs automatiques; auto-injecteurs non aspirants (Palais des Machines).

15° M. Dupuch, 10, rue Claude-Vellefaux, à Paris. Appareils de sûreté pour chaudières à vapeur et robinetterie: appareils de niveau d'eau à clapets de sûreté automatiques; indicateur à flotteur à glace en verre incassable; obturateur Labeyrie à clapet sphérique à double effet; robinet-vanne à tige brisée et à passage libre; injecteurs automatiques; manomètres métalliques; détendeurs de vapeur (Palais des Machines).

16° M. Durand, 163, avenue Victor-Hugo, à Paris. Alimentation automatique de chaudières à vapeur (Palais des Machines).

17° M<sup>me</sup> V<sup>ve</sup> Gignot, 3, rue de la Briche, à Saint-Denis (Seine). Détendeurs de vapeurs ou régulateurs automatiques de pression (Palais des Machines).

18° M. Guillaume, à Charly (Aisne). Pompe et alimentateur automatiques à niveau constant (Palais des Machines, classe 52).

19° M. Guyenet, 83, boulevard Magenta, à Paris. Injecteurs, système Bohler, type à cône fixe, sans garniture; éjecteurs pour l'élévation ou le transvasement des liquides froids ou chauds, jus, sirops, mélasses, acides etc. (Palais des Machines).

20° M. Guyot, à Montrenil-sous-Bois (Seine), et 64, rue Étienne-Marcel. Indicateurs de niveau d'eau à soupapes de sûreté (Palais des Machines).

21° M. Hannebicque, 73, rue Fondary, à Paris. Indicateur de niveau d'eau pour générateurs (Palais des Machines).

22° M. Kœnig, 168, boulevard de Charonne, à Paris. Purgeur automatique à cloche et à air comprimé, sans mécanisme (Palais des Machines).

23° M. Lagache, à Lille, 16, rue Quenette. Compteur-contrôleur de l'alimentation des chaudières à vapeur; modérateur de prise et d'arrêt de vapeur (Palais des machines).

24° MM. Lebrun et Cormerais, rue Lamoricière, à Nantes. Indicateurs de niveau d'eau (Palais des Machines).

25° MM. Legat et Herbet, 42, rue de Châlon, à Paris. Robinetterie de chaudières à vapeur; détendeurs de vapeur; soupapes de sûreté; clapets de retenue, etc. (Palais des Machines).

26° M. Lerenard, à Alfortville (Seine). Clapets; tuyaux pour canalisations de vapeur; joints de tous systèmes, etc. (Palais des Machines).

27° M. Maillard, à Joinville (Haute-Marne). Indicateur de niveau d'eau; purgeur automatique d'eau de condensation dans les conduites ou les réservoirs (Palais des Machines).

28° M. Meyer, 139, rue du Faubourg-Saint-Denis, à Paris. Accessoires divers pour générateurs de vapeur; soupapes de sûreté; raccords de robinetterie, etc. (Palais des Machines).

29° M. Parenty, à Orléans (Loiret). Appareils de jaugeage; compteur de vapeur. Ce dernier appareil était en fonctionnement dans la Station de MM. Bon et Lustremant, et de MM. Mégy, Echeverria et Bazan, concessionnaires des ponts roulants du Palais des Machines.

30° M. Péret, 23, passage Alexandrine, à Paris. Appareil servant à séparer l'eau de la vapeur pendant l'opération de la vidange des générateurs de vapeur. (Palais des Machines).

31° Société anonyme de l'épurateur Carroll, à Paris, 78, rue de Courcelles. Petit modèle de réchauffeur d'eau d'alimentation applicable à tous les systèmes de générateurs de vapeur (Palais des Machines).

32° M. Strube, à Paris, 19, rue Campagne-Première. Accessoires divers de générateurs. Valves, clapets, soupapes, joints, etc. (Palais des Machines).

33° M. Sue (Arsène), 50, rue Bichat, à Paris. Modèles de soupapes de sûreté (Palais des Machines).

34° M. Uermuhlen, à Ploërmel (Morbihan). Appareils de sûreté contre les coups de feu aux chaudières et les excès de pression (Palais des Machines).

35° M. Vabe, rue Saint-Maur, 65, à Paris. Différents modèles d'injecteurs (Palais des machines).

36° M. Weerts à Roubaix (Nord). Nouvelle soupape de sûreté (Palais des Machines).

37° M. Wéry, 50, rue Boissière, à Paris. Appareils accessoires divers pour chaudières fixes, chaudières marines et foyers d'habitation (Palais des Machines).

38° M. Chantrenne-Soiron, à Nivelles (Belgique). Injecteurs aspirants et foulants pour l'alimentation des générateurs de vapeur. Indicateurs de niveau d'eau (Palais des Machines, section belge).

39° M. Mabile, à Mariemont (Belgique). Soupapes de sûreté et injecteurs (Palais des Machines, section belge).

40° M. Roovers, 20, rue des Wallons, à Liège. Robinetterie pour chaudières.

Flotteurs, indicateurs de niveau d'eau et accessoires divers (Palais des Machines, section belge).

41° M. John Moneriff, à Perth (Grande-Bretagne). Appareil de jaugeage pour établir le niveau de l'eau dans les chaudières à vapeur (Palais des Machines, section britannique).

42° MM. Turnbull et C°, à Glasgow, Saint-Mungo works Brook Street, 139. Soupapes de sûreté et divers accessoires de chaudière (Palais des Machines, section britannique).

43° M. John Stenberg, à Helsingfors (Grand-duché de Finlande). Armatures pour chaudières à vapeur et pompes d'alimentation (Pavillon spécial du grand-duché de Finlande, dans le parc du Champ de Mars).

#### IV. ROBINETTERIE POUR GÉNÉRATEURS

Beaucoup d'exposants signalés dans le paragraphe précédent pourraient prendre place ici. En effet, bien que la spécialité de ces derniers fût les appareils de sûreté, d'indication et tous accessoires de chaudières, certains étaient constructeurs de robinetterie et de ce fait, avaient exposé cette nouvelle nature d'appareils à côté de leurs autres produits.

Nous citerons donc ci-après, ceux des exposants dont la spécialité est la robinetterie. Nous en comptons seulement treize :

1° M. Carré (Edmond), à Paris, 19, rue de l'Estrapade. Robinets à soupapes, étanches, pour vapeur, gaz et eau (Palais des Machines).

2° M. Cleuet, 15, rue Meynadier, à Paris. Robinets purgeurs automatiques, régulateurs d'alimentation (Palais des Machines),

3° M. Colombier, 61, rue de la Roquette, à Paris. Robinets et accessoires pour générateurs (Palais des Machines).

4° M. Ch. Gibault, 68, avenue Philippe-Auguste, à Paris. Série de valves de prises de vapeur, de robinets, clapets de divers modèles, etc.. Système de joints universels pour canalisations de vapeur (Palais des Machines, classe 63).

5° M. Granjon, à Chantonnay (Isère). Robinets purgeurs automatiques, système Granjon et robinetterie pour chaudières (Palais des Machines).

6° MM. Lehmann frères, 12, rue Saint-Maur, à Paris. Robinetterie pour chaudières et machines. Accessoires de chaudières à vapeur (Palais des Machines).

7° MM. Martel et Bousslet, 21, rue du Grand-Prieuré, à Paris. Robinetterie et appareils de sûreté pour chaudières à vapeur (Palais des Machines).

8° MM. Muller et Roger, 108, avenue Philippe-Auguste, à Paris. Robinetterie spéciale et appareils accessoires pour chaudières et machines à vapeur. Appareils spéciaux : boîtes à clapets, soupapes, injecteurs, flotteurs à soupape équilibrée.

Modèles d'accessoires en bronze et cuivre. Bronzes phosphoreux, bronzes manganésifères, bronzes d'aluminium, etc. (Palais des Machines).

9° M. Pile (Louis), 11, boulevard Barbès, à Paris. Robinets et clapets (Palais des Machines).

10° M. Rous, 42, rue Descartes, à Paris, Robinets pour chaudières à vapeur et pour machines (Palais des Machines).

11° M. Valdo, 129, rue du Chemin-Vert, à Paris. Robinetterie pour appareils à vapeur, pompes diverses, etc. (Palais des Machines).

12° M. Véry, 6, cité d'Angoulême, à Paris. Robinetterie pour chaudières et machines à vapeur (Palais des Machines).

13° M. Viossat, rue des Docks, à Lyon-Vaise. Robinetterie pour chaudières à vapeur (Palais des Machines).

#### V. — CHEMINÉES D'USINES, FOURNEAUX ET FOYERS, FUMISTERIE INDUSTRIELLE

1° M. Cordier aîné, 98, rue du Chemin-Vert, à Paris. Cheminée en briques de l'installation de MM. Belleville et C<sup>ie</sup> dans la cour de la force motrice et cheminée de la station centrale de la Compagnie continentale Edison. Modèles de cheminées et fourneaux dans le Palais des Machines, classe 52.

2° M. Dumoulin, rue de Lyon, à Paris. Cheminée en briques de l'installation de générateurs Babcock et Wilcox et C<sup>ie</sup> Knap, dans la cour de la Force motrice

3° M. Crévécœur, à Mantes (Seine-et-Oise). Barreaux de grille à double lumière. Foyer à aspiration d'air pour générateur de vapeur (Palais des Machines classe 52).

4° M. Criner, à Paris, 23, rue de la Chaussée-d'Antin. Appareils fumivore pour foyers de générateurs (Palais des Machines).

5° M. Dernoncourt, à Rouen (Seine-Inférieure). Régulateur de tirage ou porte-glissière (Palais des Machines).

6° MM. Dietrich et C<sup>ie</sup>, 36, rue Guersant, à Paris. Fumivore système Orvis, perfectionné, applicable à tous les systèmes de chaudières à vapeur (Palais des Machines).

7° M. Georges-Alexis Godillot, 50, rue d'Anjou, à Paris. Foyers à combustion méthodique, système Godillot, pour l'utilisation des combustibles pauvres. Installation de foyers brûlant les ligneux ou minéraux ténus, pauvres, humides, encombrants, résidus de fabrication, etc. Chargement mécanique du combustible sur la grille. Application du système à la houille, le coke, l'antracite, le lignite, la tourbe, même à l'état de poussière (classe 52).

Installations en marche aux groupes de générateurs de M. Roser et de MM. Daydé et Pillé, dans la cour de la Force motrice et de MM. Davey Paxman

et C<sup>ie</sup> dans le jardin d'isolement des stations d'électricité entre le Palais des Machines et les galeries des Expositions diverses.

8° MM. Herrmann et Cohen, 5, rue de Châteaudun, à Paris. Foyer fumivore pour chauffage des générateurs avec la houille ou tous combustibles pauvres, secs ou humides (Palais des Machines).

9° M. Louap, 180, boulevard Voltaire, à Paris. Modèle de fourneau pour générateur à vapeur (Palais des Machines, classe 52).

10° M. Michel Perret, 7, place d'Iéna, à Paris. Foyer à dalles perforées; grilles à barreaux refroidis. Le foyer à dalles perforées était en fonctionnement à l'annexe de la classe 52, sur la berge de la Seine en aval du pont d'Iéna. Les grilles fonctionnaient dans la cour de la force motrice et aux générateurs Collet installés dans la pile 3 de la Tour Eiffel.

11° M. Prouvier, boulevard de Châteaudun, à Saint-Denis (Seine). Fourneaux de chaudières en fonctionnement dans la cour de la force motrice et cheminée en briques desservant les générateurs de M. Roser.

12° MM. Toisoul et Fradet, 11, boulevard de l'Hôpital, à Paris. Plans divers et modèles d'installations de chaudières et de fourneaux. Cheminées en briques dans la cour de la force motrice, complétant les installations de générateurs en fonctionnement.

13° MM. Wackernie et C<sup>ie</sup>, 25, rue Granges-aux-Belles, à Paris. Grilles articulées pour générateurs de vapeur, foyers industriels de tous genres, locomotives, etc.; grilles pour chaudières marines, montées sur galets et amovibles. Barreaux en fer à écartements variables de 4 à 10 millimètres suivant la nature des charbons employés, avec ou sans ventilateurs, etc. (Palais des Machines, classe 52).

14° Farnley Iron et C<sup>o</sup>, à Leeds (Grande-Bretagne). Fourneau entièrement en acier pour chaudière à haute pression. Foyers en tôles d'acier ondulées et sans rivures (Palais des Machines, section britannique).

15° M. Agudio, à Turin. Nouveau système de grillage et foyer à circulation d'eau pour chaudières à vapeur (Palais des Machines, classe 52).

#### V. — DÉSINCRUSTANTS POUR GÉNÉRATEURS

Comme nous avons eu l'occasion de le dire souvent dans le cours de notre article, le meilleur garant contre les incrustations dans les chaudières à vapeur est la rapidité de la circulation interne jointe à la précipitation des sels calcaires dès l'arrivée de l'eau d'alimentation dans le générateur. Tous les systèmes de chaudières n'étant pas dans la possibilité de prévenir ces incrustations par le seul fait de leur fonctionnement on conçoit qu'il faille en maints cas se

précautionner de produits spéciaux facilitant la précipitation des sels dans la masse d'eau et leur transformation en boues non incrustantes.

Ces produits spéciaux sont, à l'heure actuelle, en nombre considérable. Il en figurait quatorze seulement à l'Exposition. Nous donnons-ci-après la liste des fabricants ou entrepositaires.

1° MM. Constant et C<sup>ie</sup>, 11, rue de Neuilly, à Clichy (Seine). Tartriphage pour l'entretien et la désincrustation des générateurs (Palais des Machines).

2° MM. Gissler et Bember, 5, rue de Saint-Cloud, à Billancourt (Seine). Désincrustant pour chaudières industrielles (Palais des Machines).

3° M. Hartmann, 44, rue de Montmorency, à Paris. Désincrustant (Palais des Machines).

4° M. Lecourt, 94, rue d'Allemagne, à Paris. Le « Végétalin » désincrustant pour chaudières industrielles (Palais des Machines).

5° MM. Lenormand et C<sup>ie</sup>, 67, rue de Provence, à Paris. Lithophage, désincrustant, anti-incrustant pour chaudières à vapeur (Palais des Machines).

6° M. Nivet, 24, rue de la Rochefoucauld, à Paris. Tartrifuge ou anti-tartre Nivet pour la désincrustation (Palais des Machines).

7° M<sup>me</sup> V<sup>ve</sup> Raby et A. Villain, 117, avenue de Choisy, à Paris. Anti-incrustant (Palais des Machines).

8° M. Ravaux, 37, boulevard Arago, à Paris. La « Coriarine », produit végétominéral neutre, anti-incrustant et désincrustant pour chaudières à vapeur (Palais des Machines).

9° M. Rousseau-Loyer, 16, rue Louis-Blanc, à Paris. Tartrifuge (Palais des Machines).

10° M. Roux, 249, rue Saint-Martin, à Paris. Désincrustant ; le « nihil tartre » pour chaudières à vapeur (Palais des Machines).

11° M. Soultz, 4, rue de la Courneuve, à Saint-Denis (Seine). La « Calciracine », préventif et désincrustant, épurateur des eaux pour le bon fonctionnement des appareils à vapeur (Palais des Machines).

12° MM. Taillandier et C<sup>ie</sup>, 17, rue Réaumur, à Paris. Anti-incrustant (Palais des Machines).

13° M. Molière, à Bône (Constantine). Pâte désincrustante pour chaudières et appareils à vapeur (Pavillon de l'Algérie, Esplanade des Invalides).

14° M. Cerfontaine, 25, rue Bodson, à Chenée (Belgique). Liquide désincrustant pour chaudières à vapeur (Palais des Machines, section Belge).

Nous nous sommes bornés dans cette énumération succincte à indiquer les exposants des divers désincrustants et les noms particuliers que chacun d'eux a cru devoir donner à ses produits. Nous nous abstenons de toute appréciation.

## VII. - ÉPURATION DES EAUX INDUSTRIELLES

Les exposants dont les noms suivent présentaient divers systèmes pour l'épuration préalable des eaux d'usines qui doivent être employées dans les chaudières à vapeur. Nous avons eu l'occasion de citer déjà quelques-uns des noms qu'on va lire :

1° M. Chevalet, à Troyes (Aube). Appareil épurateur des eaux de chaudières (Palais des Machines).

2° M. Gaillet (Paul), place Richebé, 5 et 7, à Lille (Nord). Installations complètes pour l'épuration des eaux industrielles (Palais des Machines).

3° M. Guion, 17, boulevard Saint-Marcel, à Paris. Appareil épurateur (Palais des Machines).

4° M. Maignen, 4, place de l'Opéra, à Paris. Appareils d'épuration d'eau d'alimentation. Appareils et procédés automatiques pour adoucir les eaux crues (Palais des Machines).

5° Société de l'épuration des eaux industrielles, à Lille (Nord) Epurateur (Palais des Machines).

6° MM. Dervaux et C<sup>ie</sup>, à Farciennes (Belgique). Epurateurs d'eaux industrielles, décanteur automatique pour l'épuration préalable, débourbeur pour chaudières à vapeur (Palais des Machines, section belge).

7° MM. Wilson et Roake, 261, Front street à New-York. Appareil pour purifier l'eau servant à l'alimentation des chaudières à vapeur (Palais des Machines, section des Etats-Unis).

## VIII. - OUTILLAGE POUR L'ENTRETIEN DES GÉNÉRATEURS

Chaque constructeur de générateur, possédait évidemment à l'Exposition les outils de nettoyage qui lui étaient nécessaires pour l'entretien de ces appareils. Toutefois ces outils, dont l'importance était peut-être à tort négligée, ne figuraient comme objets exposés que pour deux fabricants.

1° M<sup>me</sup> V<sup>o</sup> Alexandre Beffa, 8, passage Saint-Pierre-Amelot, à Paris, qui exposait des brosses métalliques pour chaudières, brosses circulaires, hérissons, balais, pinceaux d'acier, etc., ainsi que des écouvillons à lames pour le nettoyage des tubes de générateurs de vapeur et pour le ramonage des cheminées (Palais des Machines).

2° M. Christoffel, 454, Evergreen avenue à Brooklyn (New-York) qui présentait dans son exposition du Palais des Machines (section des Etats-Unis) une série de râcloirs et de brosses en ressorts d'acier pour le nettoyage des chaudières

à vapeur et de toutes surfaces soumises à l'action des flammes ou des gaz de foyers.

#### IX. — CALORIFUGES

Ces sortes de produits sont, on le sait, en nombre considérable. L'occasion était belle pour les fabricants, au Palais des Machines et aux installations de générateurs en fonctionnement, de faire l'application de ces produits. Les générateurs du service de la force motrice et ceux du service des stations d'électricité étaient en nombre très élevé ; le développement des conduites de distribution de vapeur était de même considérable ; et les règlements de l'Exposition prescrivaient d'une manière formelle l'isolement au moyen de calorifuges de toutes les surfaces rayonnantes.

On comptait à l'Exposition, dix exposants de calorifuges. De même que pour les désincrustants, nous nous garderons d'établir de comparaisons. Nous nous contenterons d'indiquer les applications qui ont été faites de ces produits. Les exposants des calorifuges étaient les suivants :

1° M. Bourdon, 39, rue de Paradis, à Paris. Calorifuge (Palais des Machines, classe 52).

2° M. Brudenne, 9, rue Jules-César, à Paris, usine à Vitry-sur-Seine. Calorifuge à base de liège pour l'isolement des conduites de vapeur et des réservoirs. Briques et carreaux de lièges agglomérés pour revêtements mauvais conducteurs et pour la construction. Applications nombreuses dans le Palais des Machines et aux générateurs du service de la force motrice. Canalisations de la Compagnie de Fives-Lille, de la maison Weyher et Richemond, de M. Roser, de MM. Daydé et Pillé, de la Compagnie Babcock et Wilcox, de la section Américaine, etc. (Palais des Machines, classe 52 et 63)

3° M. Jules de la Coux, à Asnières (Seine). Mastic calorifuge ; enduit mollicur ; produits d'amiante, anti-tartre, etc. (Palais des Machines).

4° M<sup>me</sup> V<sup>e</sup> Jauffret et C<sup>ie</sup>, 22, avenue Herbillon, à Saint-Mandé (Seine). Produits calorifuges ; enduit calorifuge, système Leroy pour revêtements de chaudières à vapeur, tuyaux, dômes, réservoirs, etc. (Palais des Machines).

5° M<sup>me</sup> Lion, à Camps (Var). Feutre calorifuge pour revêtement de chaudières et de canalisation de vapeur (Palais des Machines).

6° Société anonyme des Lièges appliqués à l'Industrie, à Paris, rue du Delta, 13. Enveloppes isolantes pour conduites de vapeur, réservoirs, dômes, etc., et réceptifs d'air froid (Palais des Machines) ; applications nombreuses dans le Palais et aux installations en fonctionnement pour la force motrice et l'électricité ; canalisation de la maison Belleville et C<sup>ie</sup>, station de la Compagnie continentale Edison, etc.

7° M<sup>me</sup> V<sup>ve</sup> Donnet-Nihoul, rue Godefroy, à la Madeleine-lez-Lille (Nord). Enduit calorifuge; application au réservoir de vapeur et à la canalisation générale de la maison L. Fontaine (Cour de la force motrice et Palais des Machines).

8° MM. Pascal et Guadagnino, à Gênes (Italie), 47, Corso Magenta. Mastic plastique calorifuge-isolateur pour chaudières et canalisation de vapeur (Palais des Machines).

9° M. Léopold Pouplier, à Luxembourg (Grand-Duché). Enduit calorifuge pour chaudières et conduites de vapeur (Palais des Machines).

10° M. Lallemand, à Dison (Belgique). Composition calorifuge (Palais des Machines, section Belge).

Les calorifuges les plus employés à l'Exposition étaient, sans contredit, ceux de M. Brudenne et de la Société des Lièges appliqués à l'industrie.

#### X. — SYSTÈMES DE JOINTS

Nous signalerons six modèles différents de joints à vapeur. Ils étaient exposés par les constructeurs suivants, classes 52 et 63 (Palais des Machines).

1° M. Brouillet, 30, rue Planchat, à Paris. Joints de sûreté applicables à tous systèmes de générateurs de vapeur (Palais des Machines).

2° M. François, 14, rue Pavée, à Rouen (Seine-Inférieure). Mastic de minium pour joints à vapeur (Palais des Machines).

3° M. Ch. Gibault, 68, avenue Philippe-Auguste, à Paris. Système de joint universel permettant la dilation libre de chaque tuyau d'une canalisation de vapeur (Palais des Machines).

4° MM. Le Chevalier et Holowinski, à Cabourg (Calvados). Ciment pour joints et composition pour boucher les fuites de vapeur (Palais des Machines).

5° M. Weill, à Marly-lez-Valenciennes (Nord). Joint mastic pour canalisation de vapeur (Palais des Machines).

6° Nouvelle Société anonyme d'Auderghem (administrateur-délégué : Baron de Cartier), à Anderghem (Bruxelles) Mastics industriels pour les joints à vapeur.

Nous n'avons relaté dans cette liste que les constructeurs ou fabricants qui avaient réellement exposé leurs appareils ou leurs produits. Un grand nombre d'industriels possédant à l'Exposition des canalisations de vapeur avaient fait l'application de joints spéciaux de nombreux systèmes, mais qui ne figuraient nullement comme objets exposés, dans les installations dont ils faisaient partie

XI. — DESSINS ET ÉTUDES D'INSTALLATIONS DE GÉNÉRATEURS  
FOURNEAUX ET PUBLICATIONS DIVERSES TRAITANT DES GÉNÉRATEURS

1° Compagnie continentale d'exploitation des locomotives sans foyer (directeur Léon E. Francq) à Paris, avenue Kléber 15. Dessins et modèles de robinets de retenue, d'écoulement variable automatique etc., (Palais des Machines, classe 52)

2° M. Lencauchez (Alexandre), à Paris, boulevard Magenta, 156. Dessins de générateurs de vapeur et d'épurateurs d'eau d'alimentation ; études de réchauffeurs d'eau (Palais des Machines, classe 52).

3° M. Maiche, à Paris, 3, rue Louis-le-Grand. Dessins et modèles de chaudières de divers systèmes (Palais des Machines, classe 52).

4° MM. les fils de Ch. Munier, 23, rue Grégoire, à Nancy (Meurthe-et-Moselle). Dessins et photographies de générateurs de vapeur de divers systèmes (Palais des Machines, classe 52).

5° M. Querné, 25, quai de Léon, à Morlaix (Finistère). Études, dessins et plans divers ; chaudières tubulaires à manchons pour locomotives et bateaux ; applications du chauffage méthodique ; tirage aérodynamique pour chaudières de locomotives (Palais des Machines, classe 52).

6° M. Desnos, 26, avenue Bosquet, à Paris. Ouvrages sur les générateurs de vapeur (Palais des Machines).

7° M. Romain de Swarte, 13, rue de Fleurus, à Lille (Nord). Publications relatives aux chaudières et machines à vapeur (Palais des Machines).

8° Syndicat général des chauffeurs et mécaniciens de France, à Paris, rue de Javel, 1. Collection du journal du Syndicat (Palais des Machines, classe 52).

Il va sans dire qu'un nombre considérable d'exposants de générateurs ou d'appareils accessoires présentaient à l'exposition, en même temps que leurs produits des dessins et plans d'installation de générateurs ou d'appareils divers. L'énumération qu'on vient de lire contient les noms des exposants, des maisons ou des administrations qui n'avaient au Palais des Machines, que des dessins.

XII. — MODÈLES ET CURIOSITÉS AYANT UN CARACTÈRE D'ENSEIGNEMENT

Nous rangerons dans cette dernière catégorie d'objets exposés, tout ce que la classe 52 renfermait d'appareils de démonstration ou d'études.

Un grand nombre de constructeurs dont l'industrie touche à la question si vaste de la génération de la vapeur avaient présenté leurs innovations sous formes de modèles réduits ou d'appareils d'études à côté des appareils eux-mêmes. Nous avons, au cours de cette récapitulation, nommé tous ces exposants. Nous ne ferons donc pas de nouvel examen sur le point qui nous occupe maintenant.

Nous signalerons dans cet ordre d'idées, la classe 52 qui, sous l'initiative de son

président, M. Lavalley, exposait dans le Palais des machines, une réduction des appareils touchant aux grandes inventions mécaniques françaises. Une partie de ces appareils mettaient en évidence d'une façon très nette les phases du développement de l'industrie des générateurs à vapeur.

Nous signalerons enfin l'intéressante et instructive exposition collective des Associations françaises de propriétaires d'appareils à vapeur. (Président du Syndicat : E. Cornut, à Lille (Nord)).

Cette exposition, dont nous avons donné un aperçu sommaire dans cet article, comprenait une série d'échantillons de tôles pour chaudières, les vestiges de divers accidents arrivés à des appareils à vapeur, divers types d'incrustations dans les tôles, enfin une collection de travaux, de publications et de dessins relatifs aux générateurs.

Elle était organisée avec le concours des dix associations françaises de propriétaires d'appareils à vapeur. Nous avons donné plus haut dans cette revue la liste de ces associations, ainsi que les noms des ingénieurs de chacune d'elles.

La récapitulation qu'on vient de lire termine la tâche que nous nous étions imposée.

A défaut d'un examen spécial de chaque appareil, nous avons du moins mentionné dans ces pages tout ce que l'industrie présentait de nouveau ou d'intéressant dans la question des chaudières à vapeur et des accessoires.

Notre examen comporte le moins de comparaisons possible. Nous nous sommes bornés à faire des descriptions, souvent abstraites, accompagnées parfois de simples remarques dans lesquelles nous avons apporté la plus grande impartialité.

Nous avons laissé à notre collaborateur, M. Bougarel, ingénieur-secrétaire du Syndicat des chauffeurs et mécaniciens de la Seine, le soin d'établir des conclusions et de tirer des enseignements, que son appréciation autorisée rend digne d'une foi complète.

CH. MONIN.

---

## CONCLUSION

---

Le Comité de rédaction de la *Revue technique de l'Exposition universelle de 1889*, ayant voulu que je fasse, avec M. Ch. Monin, la description des diverses chaudières qui ont figuré à l'Exposition, soit en fonction, soit inertes. M. Ch. Monin et moi nous avons fait de notre mieux pour donner une description complète et notre appréciation impartiale de ces générateurs, heureux de n'avoir eu qu'à louer l'exécution des générateurs exposés ainsi que la parfaite installation et les bons résultats obtenus de tous ceux qui ont été employés dans les divers services de l'Exposition.

Comme M. Ch. Vigreux l'a dit, dans sa remarquable introduction à l'ouvrage entrepris par le Comité de rédaction, les chaudières à vapeur, qui ont figuré à l'Exposition, se divisent en deux principaux genres : les chaudières à production rapide, c'est-à-dire les chaudières multitubulaires, à faible volume d'eau, dites *inexplosibles*, dont l'emploi a pris, depuis quelques années, une grande extension, et les chaudières à grand volume d'eau, qui sont un peu abandonnées, parce que, sans doute, on croit qu'elles sont plus dangereuses que les précédentes.

Au risque d'être considéré comme un vieux routinier, je déclare que j'ai la plus grande estime et une préférence justifiée pour la plus ancienne des chaudières à grand volume d'eau, la chaudière à deux bouilleurs inférieurs, qui n'a figuré à l'Exposition que sous la forme perfectionnée de chaudière semi-tubulaire.

La chaudière à deux bouilleurs inférieurs, sans tubes intérieurs, qui a été, pendant bien des années, la seule employée à terre, a été créée vers 1825, par M. A. Durenne père, en vue d'un placement des premières chaudières à vapeur employées dans l'industrie en France, lesquelles étaient en fonte.

M. A. Durenne père, qui vient de mourir tout récemment, à l'âge de 92 ans, et que j'ai rencontré maintes fois à l'Exposition de 1889, a pu voir encore en activité, dans de nombreuses usines en France, des chaudières à deux bouilleurs qu'il a construites avant l'année 1840.

Or, sans retirer aux chaudières multitubulaires aucune des qualités qui leur sont justement attribuées dans les descriptions précédentes, il est permis de douter qu'on voie jamais une chaudière de ce genre, ayant 50 ans de service, et dont les parties essentielles n'aient pas été remplacées plusieurs fois. Et, au

point de vue des explosions, je ne crois pas que la statistique administrative puisse démentir mon affirmation que les chaudières multitubulaires ont donné lieu relativement à un plus grand nombre d'explosions que les chaudières ordinaires à deux bouilleurs; mais, je me hâte d'ajouter que les effets des explosions de ces dernières sont plus terribles que ceux de l'explosion des chaudières multitubulaires, et particulièrement des chaudières du système Belleville, dans lesquelles le volume d'eau étant insignifiant, les effets de la rupture d'un ou de plusieurs tubes sont presque nuls. C'est justement le grand volume d'eau des chaudières à bouilleurs ordinaires qui en rend la conduite si facile et l'explosion si peu fréquente.

Cet hommage rendu à la vieille chaudière à bouilleurs et à son auteur, M. A. Durenne père, qu'il me soit permis de déclarer ici que le véritable créateur du générateur, *dit inexplosible*, est M. Belleville, que tous les constructeurs de générateurs multitubulaires français ou étrangers n'ont fait que suivre notre compatriote dans la voie qu'il a ouverte. M. Belleville, grâce à une persévérance bien rare de la part d'un inventeur, et, après avoir essayé, dès 1849, de produire la vaporisation instantanée avec un générateur composé de tubes d'un très petit diamètre, est arrivé, après quelques années, à produire le générateur si connu et si répandu qu'il a constamment perfectionné, et qui lui a rapporté, dès 1867, des distinctions honorifiques et ensuite une fortune bien méritée.

Cependant, vers la même époque, 1849, un autre inventeur parisien, moins persévérant que M. Belleville, M. Hédiard, créait aussi avec le concours de la maison Jolly, d'Argenteuil qui devint en 1860, un générateur, *dit inexplosible*, un type de générateur original et pratique. Il est encore employé aujourd'hui quoiqu'il n'ait figuré à aucune exposition universelle, depuis 1867, où M. Hédiard obtint une médaille de bronze pour l'un des deux qui fonctionnait dans cette exposition, et qui, après plus de vingt ans de services, fonctionnait encore chez M. Piver, parfumeur, où, grâce au remplacement de ses bouilleurs, que j'ai fait opérer au commencement de l'année 1888, pour cause d'amincissement de la tôle, il fera encore probablement un très long service.

Cette chaudière à vapeur, dont plusieurs des générateurs multitubulaires français ou étrangers, à réservoir d'eau et de vapeur avec surchauffeurs, qui figuraient à l'Exposition, ne sont que des variantes, se compose de trois bouilleurs inférieurs de 0<sup>m</sup>,25 à 0<sup>m</sup>,40 de diamètre et de 2<sup>m</sup>,50 à 4 mètres de longueur, suivant sa puissance. Ces bouilleurs sont inclinés de l'avant à l'arrière, de 0<sup>m</sup>,20 par mètre, et placés dans un fourneau en tôle et brique, de façon que le foyer se trouve sous leur partie la plus élevée, et que les produits de la combustion descendent vers leur partie la plus basse, en suivant une voûte en maçonnerie qui a la même inclinaison que les bouilleurs, dans un carneau supérieur occupé par trois séries de tubes horizontaux de 0<sup>m</sup>,10 de diamètre, qui forment trois serpents vaporisateurs d'un développement triple de la longueur des bouil-

leurs, et qui reçoivent à l'avant, par le tube inférieur de chacun d'eux, communiquant avec la partie supérieure de chaque bouilleur, la vapeur très mêlée d'eau provenant de ces derniers. Celle-ci se rend dans un réservoir de vapeur et d'eau situé à l'arrière du générateur, lequel assure l'alimentation des bouilleurs, avec lesquels il communique, par sa partie inférieure, avec la partie inférieure de chacun d'eux.

La vapeur est ensuite reprise dans un petit dôme surmontant ce réservoir, et elle circule, avant d'être employée, dans un quatrième serpentin, composé de deux ou trois tubes semblables aux précédents, placé dans le même carneau que ces derniers, et dans lequel la vapeur est surchauffée. Ce quatrième serpentin se termine en dehors du fourneau par la soupape de distribution.

L'alimentation se fait sur une fourche qui réunit la partie inférieure des bouilleurs avec la partie inférieure du réservoir d'eau et de vapeur. La vidange des dépôts calcaires, qui peuvent s'accumuler impunément dans le bas des bouilleurs où le feu n'agit pas, se fait par la même fourche.

On voit que ce système de générateur, qui est antérieur à tous les générateurs multitubulaires qui figurent à l'exposition, celui de M. Belleville excepté, peut être considéré comme l'ancêtre de tous les générateurs multitubulaires à tubes vaporisateurs inclinés, à réservoir d'eau et de vapeur, et à serpentin surchauffeur.

J'ai insisté un peu longuement sur l'ancienneté, l'origine et la forme du générateur Hédiard parce qu'il est Français, parce qu'il est dans le domaine public et, parce que l'ayant employé avec succès, je puis le vanter sûrement (1).

Je n'ai cependant jamais considéré le générateur Hédiard comme inexplosible, mais ayant été témoin de l'explosion d'un des bouilleurs d'un générateur de ce système, par suite de l'obstruction accidentelle de sa tubulure d'alimentation, j'ai pu constater que cette explosion a été inoffensive et qu'elle n'a même pas entraîné la vidange des autres bouilleurs, ni même du réservoir; la vapeur seule s'est échappée par la déchirure du bouilleur.

Ma grande estime pour les chaudières à deux bouilleurs ordinaires ne m'empêche pas d'apprécier, comme elles méritent de l'être, les chaudières semi-tubulaires, les chaudières tubulaires à foyer et faisceau de tubes amovibles, de système Thomas et Laurens (2). Les chaudières des systèmes Galloway, Fouché et Delaharpe, Farcot, Imbert, Dulac etc., tout en devant être classées dans les chaudières à grand volume d'eau, peuvent être considérées comme des chaudières à production rapide, tout en conservant la qualité de grande stabilité présentée par la vieille chaudière à bouilleur ordinaire.

1. Un constructeur parisien construit encore des générateurs de ce système pour les fabriques de stéarines où la vapeur doit être employée à 15 kilogrammes de pression.

2. J'ai eu l'avantage de timbrer, comme Garde-mines, le premier spécimen de la chaudière Thomas et Laurens, chez M. Farcot.

J'avoue cependant que toutes les fois que je trouve, dans une usine la place nécessaire pour l'installation de la vieille chaudière à bouilleurs, c'est encore celle-ci que je conseille d'installer de préférence à toute autre.

Je terminerai ce rapide résumé en exprimant le regret qu'on n'ait pas fait des expériences comparatives de vaporisation entre tous les générateurs qui ont fonctionné à l'Exposition, en les soumettant à des essais dirigés par une commission spéciale, suivant un programme uniforme et avec des moyens propres à prévenir toute erreur sur les chiffres de la vaporisation, telle, notamment, celle qui peut résulter d'un entraînement d'eau.

A défaut d'expériences directes faites, au Champ de Mars, sur toutes les chaudières en fonction dont il a été question dans ce chapitre, nous avons rapporté les résultats d'expériences faites par des personnes notables et compétentes, sur un certain nombre d'entre ces chaudières ; mais ces expériences, ayant été faites dans des circonstances très différentes les unes des autres, il ne faudrait pas en tirer des conséquences rigoureuses en comparant leurs résultats les uns aux autres.

F. BOUGAREL.

---

# CONFÉRENCE SUR LES PROGRÈS RÉALISÉS

PAR LES

Associations de Propriétaires d'appareils à vapeur

PAR

M. BOUR

DIRECTEUR DE L'ASSOCIATION LYONNAISE  
DES PROPRIÉTAIRES D'APPAREILS A VAPEUR

---

Les associations de propriétaires d'appareils à vapeur ont pour but de prévenir les accidents et les explosions des chaudières-générateurs de vapeur, et de faire réaliser à leurs membres des économies dans la production et l'emploi de la vapeur.

C'est à M. W. Fairbairn que revient l'honneur de la fondation de la première association de ce genre, *The Manchester Steam Users Association*, établie à Manchester en 1855.

Permettez-moi d'emprunter à une note publiée par M. Aguilon, ingénieur en chef des mines, les détails suivants sur la constitution de cette association et sur les différences qui existent entre son fonctionnement et celui des autres associations anglaises qui se sont établies depuis (1).

« *The Manchester Steam Users Association* se constitua exactement dès l'origine, avec l'objet et d'après les principes qui devaient être ensuite pris pour modèles par toutes les associations qui se sont établies depuis sur le continent. Dès la fondation, cette association de propriétaires d'appareils à vapeur devait s'administrer elle-même; ayant pour ressources la cotisation que chacun de ses membres devait payer par chaudière, et ne recherchant aucun intérêt pécuniaire direct, elle se proposait simplement de faire éviter à ses membres l'explosion de leurs chaudières et de leur faire réaliser des économies dans l'emploi de la vapeur.

« La sécurité devait être obtenue par une surveillance des chaudières effective et efficace, au moyen de visites extérieures et intérieures faites par des agents spéciaux, compétents et indépendants, appartenant à l'association.

« L'économie dans l'emploi de la vapeur devait être obtenue par des essais à l'indicateur faits sur les machines, par des expériences de rendement et de consommation, par des études et recherches d'un caractère général, que l'Association devait entreprendre à ses frais, et enfin par tous les renseignements et documents sur les chaudières et les machines, réunis par les ingénieurs de l'association, et

(1) *Annales des Mines*, 1880.

tenus par eux à la disposition des membres, qui devaient pouvoir leur demander toute consultation sur ces questions.

« Tel fut le programme tracé dès la première heure. En réalité, ce n'a été que dans ces dernières années, et bien après les exemples donnés par l'association de Mulhouse, que l'association de Manchester donna un certain développement aux essais de machines et à tout ce qui se rapporte à l'économie dans l'emploi de la vapeur. Jusque là, elle s'était bornée à la surveillance des chaudières, aux visites intérieures et extérieures; en un mot, à ce qui concernait la sécurité. L'association de Manchester n'étend son action que dans un rayon de 60 kilomètres autour de cette ville.

« A la fin de son premier exercice, le 31 décembre 1855, elle comptait 269 membres, ayant 920 chaudières; au 31 décembre 1859, elle avait 530 membres avec 1619 chaudières.

« Mais, à ce moment, elle subit un assez long arrêt dans son développement, par suite de la constitution d'une nouvelle société, qui se proposait d'atteindre le même objet par des principes assez différents.

« La « *Boiler Insurance and Steam Power Company*, » qui fut créée au début de 1859, était une véritable société financière par actions, se proposant de faire l'assurance des chaudières en même temps que de procéder à leur inspection ou surveillance.

« Beaucoup de membres quittèrent l'Association de Manchester pour s'affilier à la nouvelle société, et, à la fin de 1860, l'Association de Fairbairn ne comptait plus que 1360 chaudières; à la fin de 1864, elle n'était remontée qu'à 1415, tandis que la *Boiler Insurance Company* en avait déjà 10000.

« Aussi, en 1865, l'Association se décida-t-elle, à son tour, à assurer chacune des chaudières de ses membres contre toute explosion et ses suites, jusqu'à un maximum de 7500 francs, sous la condition que chaque chaudière, ainsi garantie, devait être soumise, obligatoirement chaque année, à une visite intérieure, à la suite de laquelle il lui serait délivré un certificat de bon conditionnement. L'ingénieur de la société a le droit de suspendre la garantie au cas où ses observations pour l'entretien et la conduite de l'appareil restent sans effet, et elle est, en tout cas, suspendue de droit si on laisse écouler treize mois sans faire procéder à une visite intérieure.

« En même temps, dix membres du conseil faisaient un fonds de garantie de 250,000 francs, affectés au paiement des dégâts éventuels produits par une explosion, pour le cas où les cotisations et les excédants annuels accumulés n'auraient pas permis de les couvrir.

« Au commencement de 1877, après douze ans d'exercice, il n'y a pas eu un seul sinistre à payer, et la garantie a été élevée à un maximum de 10000 francs. Il y a là un fait qui parle assez éloquemment de lui-même.

« A partir de 1865, et sous l'influence de se peme sur les déédmple ovecen'

l'association a d'ailleurs repris sa marche ascendante : au 31 décembre 1879, elle comptait 1301 membres et 3657 chaudières (1).

« L'Association fait actuellement une visite intérieure par chaudière et par an, et deux visites extérieures. La cotisation est de 37 francs par chaudière.

« Depuis 1877, l'Association a organisé pour ses membres, moyennant une cotisation supplémentaire, l'inspection périodique des machines et le relevé des diagrammes. Dans l'exercice 1879, ces opérations ont été faites sur 412 cylindres.

« Cette Association est la seule en Angleterre fonctionnant sur ce type, adopté partout au contraire sur le continent. En 1858, il s'en forma bien une à Huddersfield, l'Association de Manchester ayant refusé d'étendre son action jusque là. Mais, au bout de trois ans, elle fut dissoute, et la plupart des membres entrèrent dans la *Boiler Insurance* dont nous avons parlé, et sur laquelle il nous faut maintenant revenir.

« La *Boiler Insurance et Steam Power Company* est, comme nous l'avons dit, une véritable société financière, fondée au capital de 6500000 francs, divisée en 50000 actions de 125 francs. Les actionnaires touchent, s'il y a lieu, des intérêts et des dividendes provenant, d'une part, du montant des cotisations payées pour les inspections, pour les visites extraordinaires et pour tous autres travaux ; et, d'autre part, des primes d'assurances. L'objet primitif de la Société était d'entreprendre les visites périodiques intérieures et extérieures des chaudières et de les assurer contre les explosions. Mais, depuis sa fondation, en 1859, la société a élargi successivement le cercle de ses opérations. En 1865, on ajouta à l'inspection et à l'assurance des chaudières leur entretien et leur réparation, avec le commerce de tout ce qui se rapporte aux appareils à vapeur ; on commença alors aussi à apporter quelque attention au travail des machines et à l'économie du combustible, et par suite on se mit à relever les diagrammes. En 1872, avec la cherté du combustible, ces dernières opérations se sont multipliées, et en même temps la Compagnie entreprit l'assurance des machines contre toutes ruptures entraînant détresse ou arrêt. Mais, en 1878, la Compagnie a renoncé à cette branche particulière d'opérations, par suite des difficultés que soulevait, dans l'application, la question de savoir dans quel cas l'assurance était acquise.

« Le tarif est, pour l'inspection périodique seule des chaudières, de 25 francs par chaudière et par an, moyennant quoi on a droit à une visite intérieure et à deux visites extérieures. Pour assurance, y compris inspection périodique, la Société prend de 20 schillings à 12 schillings 1/2 par 100 livres et par an de la somme assurée, suivant que cette somme varie de 200 à 1000 livres. Si la somme assurée est moins de 200 livres, la prime est de 25 schillings par 100 livres.

(1) A la fin de 1887, le nombre des chaudières inspectées était de 4864.

« Tout récemment, la Société a entrepris l'assurance par batteries, qui consiste à assurer une certaine somme payable à l'explosion d'une quelconque des chaudières de la batterie; pour des chaudières de première classe, suivant que leur nombre varie de 2 à 20, et le montant de l'assurance de 200 à 500 livres, la prime varie de 3 l. sterl. 5 sh. à 43 livres sterling.

« En tout état de cause, la Société ne se charge d'ailleurs des chaudières qu'après les avoir soumises à un examen complet, et seulement après un mois de marche.

« Cette Société, dont les opérations dans le début n'avaient pas dépassé les districts manufacturiers du Lancashire et du Yorkshire, étend aujourd'hui son action sur toute l'Angleterre, et a des inspecteurs en résidence fixe dans les principales villes industrielles. Actuellement, elle ne doit pas avoir moins de 23000 chaudières sous sa surveillance.

« D'après ses comptes rendus, le nombre des visites intérieures faites annuellement aurait été, dans ces dernières années, de 40 % environ du nombre total des chaudières, et le nombre des visites extérieures de 3 par chaudière. En 1876, on a relevé jusqu'à 3599 diagrammes.

« Le succès de cette Société provoqua, quelques années après, la fondation de deux nouvelles sociétés semblables, la *Midland Steam Boiler inspection and Insurance Company* et la *National Boiler Insurance Company*. »

Nous ne croyons pas devoir entrer dans plus de détails sur les autres compagnies anglaises, que leur caractère de sociétés financières, de compagnies d'assurances, ayant un capital à rémunérer, rend par trop différentes des associations proprement dites.

Ces compagnies ont été et sont encore vivement attaquées en Angleterre. Nous n'avons pas à examiner si les attaques dirigées contre elles sont plus ou moins fondées. Nous constaterons seulement, en passant, qu'il existe entre ces compagnies d'une part, et l'Association de Manchester et les associations similaires du continent d'autre part, une différence fondamentale, qui est la suivante :

Dans les premières, le service technique ne peut être qu'un rouage; une branche du service qui est nécessairement au second plan. Dans les secondes, le service technique n'est pas seulement prépondérant, il est unique.

L'ingénieur en chef est en même temps le directeur, sous le contrôle du conseil d'administration. Personne ne lui demande de faire des économies, et nous estimons que son devoir est de consacrer la presque totalité des ressources de l'association à perfectionner son service, à rendre les inspections plus nombreuses, à faire des expériences d'utilité générale et à se tenir en communication fréquente avec les membres de l'association, en les tenant au courant de toutes les questions qui peuvent les intéresser.

En un mot, il doit rendre chaque année aux industriels le maximum de services en échange de leurs cotisations.

Les excédants des recettes sur les dépenses, destinés à constituer des réserves, doivent être réduits au minimum compatible avec une bonne administration, et les réserves, dès qu'elles sont suffisantes, doivent être considérées comme un fonds disponible pour des expériences ou des études d'intérêt général.

Cette appréciation sur la manière de conduire et d'administrer les Associations est, croyons-nous, celle de tous nos collègues, et ne nous paraît pas compatible avec la préoccupation de distribuer des dividendes.

Toutes les associations qui se sont établies sur le continent ont pris pour exemple la *Steam users Association*, de Manchester ; aucune d'elles n'a suivi les errements des autres compagnies anglaises.

La première association sur le continent a été l'Association alsacienne, fondée à Mulhouse en 1867. Cette association s'établissait dans des conditions exceptionnellement favorables. Elle était patronée par cette grande Société industrielle de Mulhouse, à laquelle nous devons les premières études sérieuses faites sur la combustion de la houille et sur la production économique de la vapeur. Elle était dirigée à son début par M. Mennier-Dollfus, collaborateur, depuis plusieurs années, de M. Scheurer-Kestner dans ses savantes études. Sa voie était toute tracée. Elle avait à organiser l'inspection des chaudières au point de vue de la sécurité, et à continuer, au point de vue de l'économie de combustible, les travaux et les études depuis plusieurs années à l'ordre du jour en Alsace.

En 1870, l'Association alsacienne comptait déjà plus de 600 chaudières inscrites, et, depuis cette époque, les difficultés que lui créait sa situation géographique n'ont pas arrêté son développement. Elle surveillait, en 1888, 1806 chaudières en Alsace-Lorraine et dans le Grand-Duché de Luxembourg, et 933 chaudières en France. Les travaux de l'Association alsacienne sont pour ainsi dire classiques, ils ont servi de modèle et de point de départ aux travaux de toutes les autres associations. A l'association de Manchester revient l'honneur de la première organisation du service d'inspection pour les chaudières, au point de vue de la sécurité, mais l'Association alsacienne l'a précédée dans la voie des essais au point de vue économique, et c'est à elle que l'on doit l'extension du service d'inspection aux machines à vapeur.

En 1868, l'Association badoise s'organisait à Mannheim. L'Association suisse s'établit à Zurich en 1869, puis, chaque année, de nouvelles Associations se fondent en Allemagne, en Autriche, en Belgique et enfin en France, où l'Association des Propriétaires d'appareils à vapeur du Nord de la France débute à Lille en 1873.

Nous donnons plus loin la liste des Associations françaises.

Toutes ces associations ont adopté, à très peu de chose près, les statuts de l'association alsacienne et son organisation, que nous allons rappeler en quelques mots.

Un conseil d'administration, dont les membres sont élus par l'assemblée gé-

nérale des sociétaires, administre l'association. Il nomme et révoque l'ingénieur-directeur et les agents.

L'ingénieur-directeur dirige les travaux de l'association sous le contrôle du conseil d'administration.

Des ingénieurs adjoints et des inspecteurs le secondent pour tous les détails du service.

Le budget des associations est alimenté par les cotisations annuelles et par les recettes extraordinaires provenant des essais de toute nature et des projets d'installations faits pour les sociétaires.

La prospérité de presque toutes les associations montre combien l'idée qui a présidé à leur fondation était juste.

Celles qui périssent, et elles ne sont pas nombreuses, sont celles qui se sont établies dans des régions où l'industrie n'est pas assez répandue et où la matière manque à leur développement.

Nous pouvons dire que toutes les associations établies dans des régions suffisamment industrielles ont réussi, sinon rapidement (les meilleures institutions ne sauraient se passer du temps), mais sûrement et sans à-coups.

Ces quelques généralités sur les associations nous paraissent nécessaires avant d'entrer dans notre véritable sujet :

« Progrès réalisés par les associations de propriétaires d'appareils à vapeur. »

Ces progrès peuvent être envisagés à un double point de vue, sécurité et économie.

## 1° SÉCURITÉ

Les associations assurent, dans la limite du possible, la sécurité des appareils en les faisant visiter, deux fois par an, par des inspecteurs expérimentés.

L'une de ces inspections (visite intérieure) est complète, tant intérieure qu'extérieure ; l'autre est extérieure seulement. La visite intérieure, dont l'importance est capitale, a pour objet de découvrir les défauts des tôles et des rivures, et en général tous les vices cachés qui, laissés inaperçus, peuvent donner lieu à des accidents graves.

Ce sont les visites intérieures qui nous permettent de signaler, avant qu'ils deviennent dangereux, les défauts dont vous avez vu les spécimens dans l'exposition des associations françaises.

Corrosions intérieures et extérieures, cassures, fentes, pailles ou dédoublements de tôles, bosses, etc.

Les visites intérieures permettent également de relever des défauts de montage qui peuvent être dangereux, comme par exemple : les ciels d'air dans les bouilleurs et dans les réchauffeurs, les mauvaises dispositions des tuyaux d'alimentation, les niveaux d'eau tracés à des hauteurs défectueuses, etc.

La visite extérieure a aussi son importance, c'est une vérification des appareils d'indication et de sûreté, tels que niveaux d'eau, manomètres, soupapes, etc. Elle est aussi une leçon de chauffage et de conduite des appareils, l'inspecteur profitant de cette visite pour signaler au chauffeur tout ce qu'il peut y avoir de défectueux dans la marche des appareils qui lui sont confiés.

C'est aussi généralement au moment des visites extérieures que l'inspecteur examine l'état d'entretien des machines à vapeur et peut faire au chauffeur des recommandations utiles au sujet de cet entretien.

Les tableaux 1 à 10, pages 467 à 476, indiquant pour toutes les Associations françaises le nombre des visites faites en 1888, montrent suffisamment que leur service est effectif et que le nombre des visites annuelles est assez grand pour assurer la sécurité dans les limites du possible.

Ces associations sont arrivées à faire annuellement les visites complètes de 66 à 90 % des chaudières inscrites, de manière à ne jamais laisser un trop grand intervalle entre deux visites consécutives (colonne 7). La colonne 6 montre que la plupart des chaudières qui n'ont pas subi la visite complète pendant l'année ont du moins été visitées extérieurement. Enfin, les colonnes 3, 4 et 5 donnant le nombre total des visites, permettent de constater que ce nombre est toujours bien supérieur à celui des visites de chaudières distinctes et qu'un certain nombre de chaudières sont visitées plusieurs fois dans l'année.

Cette comparaison montre que si un certain nombre de chaudières échappent chaque année à la visite intérieure, la faute n'en est pas aux associations, mais bien aux industriels qui oublient de la demander au moment des nettoyages.

Si nous ne réclamions pas avec persistance aux oublieux les visites en retard, nous n'arriverions certainement pas à visiter annuellement 50 % des chaudières inscrites. Ce n'est qu'à force de lettres de rappel que nous sommes arrivés, à l'association lyonnaise, à dépasser, en 1888, la proportion de 90 % des chaudières inscrites.

Nous avons résumé dans un seul tableau, n° 11, page 477, les tableaux de 1 à 10, de manière à présenter un tableau d'ensemble des opérations des associations françaises en 1888.

Vous voyez que le nombre total des chaudières inscrites aux dix Associations était en 1888, de 9993 chaudières, réparties dans 47 départements.

Le nombre des chaudières en France étant de 66404, d'après la statistique des Mines, nécessairement incomplète, nous pouvons conclure que l'action des associations ne s'étend pas à plus de 15 % des chaudières existantes.

Ces visites périodiques peuvent-elles assurer la sécurité absolue des appareils et les associations peuvent-elles éviter tous les accidents ?

Certainement non ! Messieurs, elles ne peuvent malheureusement avoir cette prétention, et cela pour plusieurs raisons. D'abord le personnel des associations n'est pas parfait et il devrait l'être. Nos inspecteurs devraient tout savoir et tout

voir. Les qualités que doit avoir un bon inspecteur ne sont pas faciles à trouver.

Un inspecteur doit être consciencieux, s'intéresser à son travail, bien connaître les chaudières qu'il visite et avoir une grande expérience du métier.

Ce serait en effet une erreur de croire qu'un bon ouvrier chaudronnier est apte à faire une bonne visite de chaudière. Il saura faire une bonne réparation d'un défaut qui lui est signalé; neuf fois sur dix il passera à côté d'un défaut sans le voir, d'abord parce que les défauts analogues qu'il a pu déjà avoir à réparer ne se présentent pas en place sous le même aspect qu'à l'atelier, et ensuite parce qu'il ne sait pas où les chercher.

Mais admettons que nous avons le meilleur des inspecteurs, il peut certainement laisser des défauts inaperçus par l'excellente raison que certains d'entre eux sont presque invisibles. Nous avons vu des cassures en pleine tôle dont nous connaissions l'existence et que nous avons beaucoup de peine à retrouver, sur une pièce détachée, parfaitement propre et bien exposée à la lumière.

Des défauts aussi difficiles à constater sont très rares, mais il suffit que nous en ayons remarqué quelques-uns pour que nous soyions obligés d'admettre qu'on peut passer à côté et même les regarder sans les voir.

Ajoutons à cela que bien souvent les inspecteurs ont à visiter des chaudières insuffisamment nettoyées dont les défauts peuvent être masqués par des dépôts calcaires ou de la rouille, et vous comprendrez qu'un certain nombre de défauts peuvent échapper à une inspection même bien faite.

Lorsqu'il y a lieu, nous signalons les inconvénients du manque de propreté, nous faisons nos réserves sur les défauts cachés, mais ces défauts n'en existent pas moins et leurs redoutables effets n'en sont pas moins à craindre.

Il y a donc des défauts qui peuvent échapper à l'examen le plus attentif, je disais tout à l'heure que ces défauts sont rares, vous avez compris avant que je l'aie dit que ces défauts sont plus rarement encore dangereux. En effet, une cassure de tôle, par exemple, qui n'a pas perdu, a rarement une grande étendue et met rarement en question la sécurité d'une chaudière lorsque les visites ne sont pas trop écartées.

Il est peut-être intéressant de chercher à nous rendre compte dans quelles limites des visites bien faites peuvent assurer la sécurité?

Les données que nous fournit la statistique ne sont ni assez nombreuses, ni assez anciennes et ni assez exactes pour que nous puissions établir des chiffres précis. Nous pouvons cependant essayer de nous en rendre compte en examinant les causes des explosions de générateurs en France dans les cinq dernières années (1883 à 1887).

(Voir tableau n° 12, page 478).

Nous avons divisé ces explosions en trois catégories. Celles comprises dans la première catégorie (colonnes 3, 4 et 5) peuvent être évitées par des visites bien

faites, les défauts qui les ont produites étant apparents pour un observateur attentif.

Celles de la deuxième catégorie ne sont pas dans le même cas, nous avons à distinguer : 1° les vices de construction (colonne 6). Ces vices de construction sont de différentes natures, les uns peuvent être constatés, ce sont ceux qui proviennent de fautes de dessin, tels qu'appareils mal combinés, mal disposés, défauts de montage, ciels d'air, défauts d'armature, manque d'épaisseur de tôle. D'autres tels que le défaut de qualité suffisante des matériaux nous échappent à première vue et ne se révèlent à nous que par leurs conséquences. En général, ces conséquences se manifestent par des symptômes caractéristiques avant de produire des résultats funestes.

Une partie de ces défauts peuvent être constatés dans nos visites, nous pouvons donc espérer éviter une bonne partie des explosions indiquées colonne 6. Nous pouvons surtout arriver à les prévenir par notre intervention dans l'installation des chaudières neuves, en prescrivant dans les cahiers des charges que nous fournissons aux industriels, les qualités de tôles nécessaires, en rejetant les dispositions vicieuses, en imposant enfin aux constructeurs des précautions qui paraissent élémentaires, mais qui sont trop souvent négligées.

2° Manque d'eau imputable à la négligence du chauffeur ou dont les causes ne sont pas indiquées (colonne 7). — Nous pouvons encore avoir une certaine influence sur ces explosions, en faisant tenir en bon état les appareils d'alimentation et de niveau d'eau.

Presque tous les chauffeurs craignent beaucoup le manque d'eau. Ils admettent tous que les chaudières font explosion quand l'eau manque. Tandis que beaucoup d'entre eux admettent difficilement les autres causes d'explosions plus nombreuses, qui leur échappent. En général, les chauffeurs tiennent bien leur niveau lorsque les appareils leur donnent des indications exactes. Nous avons plus de peine à les empêcher de tenir trop d'eau dans les chaudières qu'à obtenir qu'ils en aient assez.

Nous croyons, pour ces raisons, être au-dessous de la vérité en disant que notre influence peut nous amener à empêcher la moitié des explosions de la deuxième catégorie.

Nous ne pouvons par contre avoir qu'une action indirecte sur les explosions classées dans la troisième catégorie et dues à l'imprudence des chauffeurs.

Cette action n'est cependant pas négligeable, car nous avons certainement réussi à améliorer dans une certaine limite l'éducation des chauffeurs, soit par les concours de chauffeurs, soit par des leçons de chauffage sur place, soit par des cours du soir, soit par les conseils de nos inspecteurs. Pour ne pas exagérer l'importance de nos services, et pour rester en dessous de la vérité, laissons de côté les explosions de la troisième catégorie, et disons que l'action des associations aurait pu éviter  $55 + \frac{63}{2} = 86$  explosions sur 123, c'est-à-dire plus des 2/3

des explosions. Notre conviction est que nous pouvons davantage, mais si nous considérons que les 123 explosions des cinq dernières années ont coûté la vie à 151 ouvriers et occasionné des blessures sérieuses à 156, nous voyons qu'en moyenne les explosions de chaudières à vapeur tuent annuellement 30 hommes et en blessent 31. L'espoir de réduire ces chiffres de plus des deux tiers est bien fait, on l'avouera, pour nous encourager dans nos efforts.

L'examen que nous venons de faire nous montre bien le but à atteindre, mais il n'indique nullement jusqu'à quel point les associations s'en rapprochent en réalité.

L'insuffisance des statistiques ne nous permet pas de donner des chiffres précis, mais nous pouvons examiner ce qui s'est passé dans le service des associations ou du moins de l'une d'elles, vous voudrez bien m'excuser si je prends pour exemple l'association lyonnaise, qui a terminé en 1888 son 13<sup>e</sup> exercice, et sur laquelle j'ai naturellement les renseignements les plus complets.

Si nous additionnons les nombres des chaudières surveillées pendant nos treize premiers exercices, nous trouvons le chiffre de 8457, nous pouvons donc dire que notre service depuis l'origine équivaut à la surveillance pendant une année de 8457 chaudières. Nous avons eu deux explosions, soit une explosion sur 4228 chaudières.

Les causes de ces explosions ont été pour l'une, un manque d'eau ; les appareils d'alimentation étant parfaitement en état, le chauffeur chargé d'alimenter deux chaudières d'une batterie, alimenta constamment dans la seconde en laissant la première manquer d'eau. Pour l'autre, un vice de construction ; nous avions, à la visite intérieure qui a précédé l'explosion, recommandé le remplacement d'un réchauffeur avarié. Le constructeur, que nous n'étions pas chargé de surveiller, fit couler la tête en ménageant dans la fonte les trous pour les rivets. Il en résulta un décollement de la tête en fonte sur les deux tiers de la circonférence. La chaudière fut mise en feu sans que nous en ayons été avisés et sans que nous ayons pu visiter le réchauffeur neuf dont la tête se détacha après quelques jours de marche.

Les deux explosions que nous avons eues chez les membres de l'Association lyonnaise ne peuvent donc en aucune façon être attribuées à un manque de surveillance des agents de l'association.

L'examen des dossiers des autres associations donnerait probablement des résultats analogues.

Si nous admettons pour le nombre des chaudières en France le chiffre de 66404, donné par l'administration des mines pour l'année 1887, et le nombre de 25 explosions pour cette même année, nous voyons que la moyenne générale indiquerait une explosion pour 2656 chaudières au lieu d'une explosion pour 4228 chaudières que donne notre moyenne particulière.

Nous avons dit que les chiffres de la statistique sont très incertains, en effet,

nous trouvons à chaque instant des chaudières qui n'ont jamais été déclarées et qui ne figurent pas sur la statistique de l'administration des mines, de sorte que le chiffre de 66404 chaudières en France (chaudières de bateaux et de locomotives non comprises), est certainement trop faible.

Par contre le chiffre des explosions est certainement réduit dans une proportion beaucoup plus grande encore que le nombre des chaudières.

Si dans les grands centres comme Paris la rupture d'un tube de chaudière est soigneusement signalée, il est loin d'en être de même en province, surtout dans les régions éloignées des chefs-lieux.

On peut dire qu'en dehors des lieux de résidence des gardes-mines, l'administration n'a guère connaissance que des explosions ayant causé mort d'homme ou des dégâts tellement considérables qu'elles ne peuvent être dissimulées. Pour les autres, l'industriel répare l'avarie le plus rapidement qu'il peut et continue à marcher.

En outre il arrive souvent que des accidents graves sont ou ne sont pas considérés comme explosions suivant les régions. Ainsi les ruptures des boulons trop souvent uniques qui fixent les tampons de lavage des chaudières à un foyer intérieur, ne sont pas toujours considérées par l'Administration, comme des explosions et deux de ces accidents ayant chacun causé la mort du chauffeur dans la région Lyonnaise ne sont point portés sur ses listes.

Dans ces conditions nous ne nous avançons pas trop en disant que la statistique exacte nous serait beaucoup plus favorable.

## II. — ÉCONOMIE

La première des économies que les associations font réaliser à leurs membres porte sur les réparations.

Les inspecteurs signalent les moindres fuites avant qu'elles aient produit des avaries sérieuses, et bien souvent une réfection de joint ou un simple mâtage faits à temps évitent le remplacement ultérieur d'une feuille de tôle entière.

Souvent la correction d'un défaut de montage amène le même résultat, et en plus de la sécurité, donne lieu à une économie sur l'entretien.

Une autre économie est souvent réalisée sur la consommation du combustible par la simple réfection d'une maçonnerie mal faite ou par une modification de montage insignifiante.

Nous avons souvent trouvé des réchauffeurs dont la sortie d'eau était tellement mal disposée qu'ils restaient à moitié pleins d'air et que la moitié de leur surface de chauffe se trouvait ainsi perdue.

Nous pouvons même citer un cas où les réchauffeurs se trouvaient dans un

carneau qui n'avait aucune communication avec la circulation des gaz de la combustion ; avant notre visite ils n'avaient jamais été chauffés.

Lorsqu'il s'agit de faire des installations de nouvelles chaudières, l'avis des associations, basé sur la qualité de l'eau, la nature de l'industrie, l'emploi de la vapeur, peut avoir une influence très utile sur le choix du système à préférer.

Les cahiers des charges établis par les associations prescrivant dans la construction l'emploi de bonnes tôles, exigeant pour les piètements, les dômes, etc., les dispositions nécessaires pour éviter les fuites sur la chaudière, interdisant les dispositions que la pratique a reconnu dangereuses, imposant aux constructeurs la vérification des matériaux et des appareils en construction, assurent la bonne exécution des chaudières neuves et leur bon montage.

Les bons constructeurs n'ont qu'à y gagner, car en somme les associations se bornent à exiger de tous les constructeurs ce que font sans contrôle les constructeurs soigneux et elles empêchent que les chaudières mal construites soient préférées aux autres, à cause de leur bas prix, aux dépens de la sécurité et des économies de combustible.

L'augmentation de prix qui résulte nécessairement de nos exigences, est largement compensée par les économies sur l'entretien et sur le combustible.

Notre intervention dans l'installation des appareils neufs, a bien souvent pour résultat de faire monter des chaudières bien plus fortes que celles qui étaient projetées, c'est là en général un grand service à rendre aux industriels, car toutes les personnes au courant des questions de vaporisation savent que la vraie manière d'assurer la durée d'une chaudière en même temps que l'économie du combustible est de n'exiger qu'une production très modérée de vapeur par mètre carré de surface de chauffe.

Pour ce qui regarde les machines à vapeur, les conseils des associations sont peut-être plus utiles encore. Dans le cas d'une installation nouvelle il importe d'abord, de se bien rendre compte des besoins de l'usine et de déterminer aussi exactement que possible la force de la machine à construire.

Il faut ensuite avoir soin que le marché passé entre l'industriel et le constructeur soit établi dans des termes suffisamment clairs pour éviter toute contestation.

Enfin et surtout il y a lieu d'insister pour que la vérification de la consommation garantie par le constructeur soit faite. Cette vérification n'a pas toujours lieu, elle est cependant nécessaire, ne fût-ce que pour empêcher les constructeurs de donner les mêmes garanties de consommation pour les bonnes machines et pour les mauvaises dans l'espoir que l'exécution de leurs engagements ne sera pas contrôlée.

L'essai périodique des machines à l'indicateur de Watt, permet de voir dans quel état se trouvent les distributions de vapeur et d'éviter les surcroûts de consommation qu'entraînent toujours les défauts de réglage. Les essais à l'indica-

teur permettent aussi aux industriels de savoir, dans quelles conditions de force travaillent, leurs machines et par conséquent si leurs machines motrices leur permettent d'augmenter leur matériel. Dans cet ordre d'idées nous avons eu souvent depuis que l'éclairage électrique a commencé à se répandre dans l'industrie, à déterminer si les machines d'une usine pouvaient fournir la force nécessaire.

Enfin les associations ont travaillé d'une manière efficace à l'instruction des chauffeurs, soit par les leçons de chauffage sur place, soit par des concours, soit par des cours du soir. Presque dans toutes les régions nous avons pu constater tant dans la manière de chauffer que dans l'entretien des appareils, des résultats très appréciables.

Nous sommes arrivés à ces résultats en restant dans de bons termes avec la grande majorité des chauffeurs, qui en général voient d'un bon œil nos inspecteurs et qui ont souvent recours à nous, pour obtenir des améliorations ou des réparations que leurs patrons accordent volontiers lorsque nous donnons un avis favorable.

Outre les progrès que nous avons pu réaliser par notre intervention directe, il en est un autre que nous pouvons aussi revendiquer. Nous travaillons à déraciner ce préjugé trop répandu encore dans l'industrie, que l'ingénieur n'est pas toujours un auxiliaire utile et que son intervention donne lieu à des dépenses non-justifiées.

Les bonnes relations suivies qui existent entre les industriels et les ingénieurs des associations, les bons résultats économiques indiscutables que nous obtenons, amènent les industriels à penser que les mêmes résultats peuvent être obtenus dans une autre voie, et loin de faire concurrence aux ingénieurs civils, nous avons eu bien souvent déjà la satisfaction de voir sur notre recommandation des ingénieurs appelés dans des usines dans lesquelles ils ne seraient certainement pas entrés si les ingénieurs des associations ne leur avaient pas ouvert la voie.

Enfin bien que ne nous occupant que de notre spécialité nous sommes quelquefois consultés par les sociétaires sur des questions spéciales à leur industrie. Nous ne sommes pas compétents pour leur donner des renseignements directs, mais nous pouvons assez souvent leur indiquer les personnes qui peuvent leur répondre et leur éviter ainsi des démarches et des recherches.

Nul doute que nous rendions ainsi aux industriels d'utiles services, qui sont du reste appréciés par nos sociétaires qui nous restent fidèles.

Ces services sont aussi appréciés par d'autres personnes qui sont loin de nous en savoir gré. Les constructeurs peu consciencieux qui spéculent sur l'ignorance de leurs clients pour leur vendre des appareils défectueux, certains inventeurs que nous gênons souvent dans l'exploitation de prétendues nouveautés, les fabricants de désincrustants, les marchands de chaudières d'occasion, etc., n'ont évidemment pas à se louer de l'existence des associations.

Il est impossible qu'en accomplissant notre devoir strict qui est de renseigner

fidèlement nos sociétaires, dont nous sommes les ingénieurs conseils pour toutes les questions de chaudières et de machines à vapeur, nous ne lésions pas quelques intérêts.

Mais ces intérêts sont-ils toujours bien respectables? Nous ne le pensons pas et le fussent-ils, nous estimons que nous n'aurions pas à en tenir compte.

Les industriels en fondant les associations n'ont eu en vue que leur intérêt qui est en même temps l'intérêt général.

Ils ont consenti d'une part à faire des sacrifices pour éviter des accidents redoutables ce qui est fort sage et d'autre part ils cherchent à rentrer dans leurs déboursés ou même à faire des bénéfices s'ils le peuvent, en économisant sur la consommation de combustible et sur l'entretien des appareils, ce qui est fort légitime.

Notre devoir est de les aider autant que nous le pouvons, à obtenir les résultats désirés, et nous y consacrons tout notre temps et tous nos soins.

Si les constructeurs ignorants et les fournisseurs malhonnêtes se plaignent des associations, nous les en remercions sincèrement, c'est là la meilleure recommandation que nous puissions désirer et la seule réclame sur laquelle nous comptons.

En revanche les constructeurs sérieux nous rendent en général cette justice que nous faisons tous nos efforts pour tenir la balance égale entre tous, que nous ne nous inféodons à aucune maison, si importante qu'elle puisse être, que nous n'hésitons pas à donner tort à nos sociétaires dans leurs contestations avec les fournisseurs, quand nous pensons que ces derniers ont raison et que nous réussissons à éviter bien des accidents et bien des procès.

Ils savent que nos avis, s'ils ne sont pas infailibles sont toujours désintéressés.

Ces témoignages, la confiance de nos sociétaires et la bienveillance de l'administration des Mines, nous permettent de croire que nous avons bien compris la pensée des éminents industriels et ingénieurs qui ont fondé les premières associations et nous encouragent à marcher résolument dans la voie qu'ils nous ont tracée et que nous croyons être celle du véritable progrès industriel.

TABLEAU N<sup>o</sup> 1. -- Association Alsacienne, fondée en 1867.  
Siège à Mulhouse (partie française).

DÉPARTEMENTS	NOMBRE TOTAL		NOMBRE DE VISITES DE CHAUDIÈRES			NOMBRE DE CHAUDIÈRES DISTINCTES VISITÉES			NOMBRE DES ESSAIS A LA PRESSE	
	des établis- sements des associés	des chaudières des associés	à l'exté- rieur seulement	à l'extérieur et à l'intérieur	Total	à l'exté- rieur seulement	à l'extérieur et à l'intérieur	Total	Officiels	non officiels
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Doubs . . . . .	26	99	147	81	228	15	81	96	4	1
Meurthe-et-Moselle . . . . .	67	307	507	249	756	63	228	291	12	16
Haut-Rhin . . . . .	20	59	103	36	139	20	36	56	2	»
Haute-Saône . . . . .	31	109	162	81	243	21	79	100	4	»
Vosges . . . . .	156	359	519	250	769	106	238	344	31	»
Totaux . . . . .	300	933	1438 <sup>o</sup>	697	2135	225	662	887	53	17

Nombre de chaudières distinctes ayant subi la visite complète : 662 sur 933 chaudières inscrites, soit 71 %.

TABLEAU N° 2. — Association du Nord de la France, fondée en 1873.

*Siège à Lille.*

DÉPARTEMENTS	NOMBRE TOTAL		NOMBRE DE VISITES DE CHAUDIÈRES			NOMBRE DE CHAUDIÈRES DISTINCTES VISITÉES			NOMBRE DES ESSAIS A LA PRESSE	
	des établis- sements des associés	des chaudières des associés	à l'exté- rieur seulement	à l'extérieur et à l'intérieur	Total	à l'exté- rieur seulement	à l'extérieur et à l'intérieur	Total	officiels	non officiels
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nord . . . . .	672	2642	902	2045	2947	808	1834	2642	206	»
Pas-de-Calais . . . . .	62	229	57	188	245	49	180	229	30	»
Meurthe-et-Moselle . . . . .	15	145	60	156	216	36	109	145	7	»
Somme . . . . .	1	5	0	5	5	0	5	5	0	»
Totaux . . . . .	750	3021	1019	2394	3413	893	2128	3021	243	»

Nombre de chaudières distinctes ayant subi la visite complète 2128 sur 3021 chaudières inscrites, soit 70 %

TABLEAU N° 3. — Association de la Somme, de l'Aisne et de l'Oise, fondée en 1874.

*Siège à Amiens.*

DÉPARTEMENTS	NOMBRE TOTAL		NOMBRE DE VISITES DE CHAUDIÈRES			NOMBRE DE CHAUDIÈRES DISTINCTES VISITÉES			NOMBRE DES ESSAIS A LA PRESSE	
	des établis- sements des associés	des chaudières des associés	à l'exté- rieur seulement	a l'extérieur et à l'intérieur	Total	à l'exté- rieur seulement	a l'extérieur et à l'intérieur	Total	officiels	non officiels
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Somme . . . . .	150	411	420	386	809	59	348	437	7	42
Oise . . . . .	83	203	210	171	381	36	165	201	1	9
Aisne . . . . .	135	443	442	496	938	48	387	425	5	68
Pas-de-Calais . . . . .	2	6	6	7	13	»	6	6	»	»
Totaux . . . . .	370	1063	1081	1060	2141	143	906	1049	13	119

Nombre de chaudières distinctes ayant subi la visite complète 906 sur 1063 chaudières inscrites, soit 84,8 %.

TABLEAU N° 4. — Association Normande fondée en 1874.

Siège à Rouen.

DÉPARTEMENTS	NOMBRE TOTAL		NOMBRE DE VISITES DE CHAUDIÈRES			NOMBRE DE CHAUDIÈRES DISTINCTES VISITÉES			NOMBRE DES ESSAIS A LA PRESSE	
	des établis- sements des associés	des chaudières des associés	à l'exté- rieur seulement	à l'extérieur et à l'intérieur	Total	à l'exté- rieur seulement	à l'extérieur et à l'intérieur	Total	officiels	non officiels
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Calvados . . . . .	11	19	11	17	28	3	14	17	2	»
Eure. . . . .	44	90	94	74	168	9	72	81	4	»
Eure-et-Loir. . . . .	6	20	17	23	40	1	13	14	0	»
Manche . . . . .	1	2	2	2	4	0	2	2	0	»
Mayenne . . . . .	1	2	2	2	4	0	2	2	0	»
Oise. . . . .	1	3	2	4	6	0	2	2	0	»
Orne . . . . .	7	14	11	7	18	6	5	11	1	»
Seine-Inférieure . . . . .	205	523	273	484	757	81	430	511	40	»
Totaux . . . . .	276	673	412	613	1025	100	540	640	47	»

Nombre de chaudières distinctes ayant subi la visite complète : 540 sur 673 chaudières inscrites, soit 80 %

TABLEAU N° 5. — Association Parisienne, fondée en 1874. — Siège à Paris

DÉPARTEMENTS	NOMBRE TOTAL		NOMBRE DE VISITES DE CHAUDIÈRES			NOMBRE DE CHAUDIÈRES DISTINCTES VISITÉES			NOMBRE DES ESSAIS A LA PRESSE	
	des établis- sements des associés	des chau- dières des associés	à l'ex- térieur seulement	à l'ex- térieur et à l'intérieur	Total	à l'ex- térieur seulement	à l'ex- térieur et à l'intérieur	Total	officiels	non officiels
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Seine . . . . .	300	769	»	638	»	»	586	»	25	»
Seine-et-Oise. . . . .	33	109	»	107	»	»	89	»	2	»
Seine-et-Marne . . . . .	13	73	»	60	»	»	53	»	2	»
Loiret . . . . .	13	26	»	25	»	»	19	»	»	»
Eure-et-Loir . . . . .	9	19	»	15	»	»	14	»	1	»
Yonne . . . . .	8	13	»	12	»	»	9	»	»	»
Sarthe . . . . .	5	10	»	7	»	»	6	»	»	»
Loir-et-Cher . . . . .	2	4	»	4	»	»	4	»	»	»
Indre-et-Loire . . . . .	2	3	»	2	»	»	2	»	»	»
Aisne . . . . .	2	2	»	1	»	»	1	»	»	»
Totaux . . . . .	387	1028	1200	871	2071	»	783	»	30	»

Nombre de chaudières distinctes ayant subi la visite complète : 783 sur 1028 chaudières inscrites soit 76 % .  
Sur ces 1028 chaudières 941 seulement étaient en activité pendant l'exercice 1888.

TABLEAU N° 6. — Association Lyonnaise, fondée en 1876. — Siège à Lyon.

DÉPARTEMENTS	NOMBRE TOTAL		NOMBRE DE VISITES DE CHAUDIÈRES			NOMBRE DE CHAUDIÈRES DISTINCTES VISITÉES			NOMBRE DES ESSAIS A LA PRESSE	
	des établis- sements des associés	des chau- dières des associés	à l'ex- térieur seulement	à l'ex- térieur et à l'intérieur	Total	à l'ex- térieur seulement	à l'ex- térieur et à l'intérieur	Total	officiels	non officiels
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rhône . . . . .	182	514	590	574	1164	41	463	504	40	11
Isère . . . . .	98	219	220	248	468	10	209	219	19	2
Loire . . . . .	59	237	226	251	477	12	213	225	8	2
Ardèche . . . . .	19	63	63	64	127	5	53	58	2	»
Drôme . . . . .	14	29	27	29	56	2	27	29	3	»
Saône-et-Loire . . . . .	10	30	30	28	58	4	26	30	2	»
Ain . . . . .	13	30	26	26	52	4	25	29	»	»
Côte-d'Or . . . . .	4	24	29	17	46	7	16	23	»	»
Jura . . . . .	1	4	5	4	9	»	4	4	»	»
Haute-Savoie . . . . .	4	5	2	5	7	»	5	5	»	»
Savoie . . . . .	8	10	7	11	18	»	10	10	2	»
Allier . . . . .	3	118	91	117	208	6	110	116	1	1
Nièvre . . . . .	2	40	13	37	50	»	37	37	1	»
Haute-Loire . . . . .	2	2	1	2	3	»	2	2	»	»
Totaux . . . . .	419	1325	1330	1413	2743	91	1200	1291	78	16

Nombre des chaudières distinctes ayant subi la visite complète : 1200 sur 1325 chaudières inscrites soit 90,6 %.

TABLEAU N° 7. — Association de l'Ouest, fondée en 1878. — Siège à Nantes.

DÉPARTEMENTS	NOMBRE TOTAL		NOMBRE DE VISITES DE CHAUDIÈRES			NOMBRE DE CHAUDIÈRES DISTINCTES VISITÉES			NOMBRE DES ESSAIS A LA PRESSE	
	des établis- sements des associés	des chau- dières des associés	à l'ex- térieur seulement	à l'ex- térieur et à l'intérieur	Total	à l'ex- térieur seulement	à l'ex- térieur et à l'intérieur	Total	officiels	non officiels
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Loire inférieure . . . . .	109	294	213	217	430	57	200	257	1	»
(Armateurs) . . . . .	12	32	»	22	22	6	22	28	»	»
Maine-et-Loire . . . . .	27	58	67	45	112	15	59	54	2	»
Mayenne . . . . .	17	66	70	55	125	8	51	59	5	»
Sarthe . . . . .	17	54	61	30	91	12	28	40	2	»
Ile-et-Vilaine . . . . .	13	34	37	16	53	14	16	30	»	»
Vendée . . . . .	10	29	25	22	47	9	20	29	3	»
Morbihan . . . . .	9	26	30	18	48	2	18	20	2	»
Finistère . . . . .	3	8	4	4	8	2	4	6	»	»
Indre-et-Loire . . . . .	1	8	14	5	19	4	4	8	»	»
Côtes-du-Nord . . . . .	1	1	1	»	1	»	1	1	»	»
Totaux . . . . .	219	610	522	434	956	129	403	532	15	»

Nombre de chaudières distinctes ayant subi la visite complète 403 sur 610 chaudières inscrites, soit 66 %.

TABLEAU N° 8. — Association du Sud-Ouest, fondée en 1879. — Siège à Bordeaux

DÉPARTEMENTS	NOMBRE TOTAL		NOMBRE DE VISITES DE CHAUDIÈRES.			NOMBRE DE CHAUDIÈRES DISTINCTES VISITÉES			NOMBRE DES ESSAIS A LA PRESSE	
	des établis- sements des associés	des chau- dières des associés	à l'ex- térieur seulement	à l'ex- térieur et à l'intérieur	Total	à l'ex- térieur seulement	à l'ex- térieur et à l'intérieur	Total	officiels	non officiels
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Gironde . . . . .	61	183	271	151	422	33	133	166	19	7
Charente . . . . .	22	82	76	77	153	3	67	70	2	»
Charente-Inférieure . . . . .	4	8	8	8	16	0	8	8	»	»
Dordogne . . . . .	2	2	2	2	4	0	2	2	»	»
Lot-et-Garonne . . . . .	1	12	12	12	24	0	12	12	1	»
Haute-Garonne . . . . .	5	19	16	15	31	1	15	16	4	2
Basses-Pyrénées . . . . .	3	51	44	37	81	7	44	51	3	»
Landes . . . . .	1	3	3	3	6	0	3	3	»	»
Haute-Vienne . . . . .	3	4	3	2	5	1	3	4	1	»
Totaux . . . . .	102	364	435	307	742	45	287	332	30	9

Nombre de chaudières distinctes ayant subi la visite complète : 287 sur 364 chaudières inscrites, soit 79 %.

TABLEAU N° 9. — Association du Nord-Est, fondée en 1882.  
Siège à Reims.

DÉPARTEMENTS	NOMBRE TOTAL		NOMBRE DE VISITES DE CHAUDIÈRES			NOMBRE DE CHAUDIÈRES DISTINCTES VISITÉES			NOMBRE DES ESSAIS A LA PRESSE	
	des établis sements des associés	des chaudières des associés	à l'exté- rieur seulement	à l'extérieur et à l'intérieur	Total	à l'exté- rieur seulement	à l'extérieur et à l'intérieur	Total	officiels	non officiels
	1	2	3	4	5	7	6	8	9	10
Marne . . . . .	91	263	203	293	496	19	227	246	20	»
Ardennes . . . . .	28	98	61	122	183	22	68	90	13	»
Meuse . . . . .	5	15	12	12	24	4	9	13	1	»
Aube . . . . .	23	52	69	46	115	14	34	48	»	»
Haute-Marne. . . . .	6	52	51	36	87	11	35	46	»	»
Aisne . . . . .	2	5	2	2	4	1	2	4	»	»
Totaux. . . . .	155	485	398	511	909	71	375	446	34	»

Nombre de chaudières distinctes ayant subi la visite complète : 375 sur 485 chaudières inscrites, soit 77 %.

TABLEAU N° 10. — Association du Sud-Est, fondée en 1885.

Siège à Marseille.

DÉPARTEMENTS	NOMBRE TOTAL		NOMBRE DE VISITES DE CHAUDIÈRES			NOMBRE DE CHAUDIÈRES DISTINCTES VISITÉES			NOMBRE DES ESSAIS A LA PRESSE	
	des établis- sements des associés	des chaudières des associés	à l'exté- rieur seulement	à l'extérieur et à l'intérieur	Total	à l'exté- rieur seulement	à l'extérieur et à l'intérieur	Total	officiels	non officiels
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Alpes-Maritimes. . . . .	7	22	24	16	40	7	15	22	1	»
Bouches du Rhône . . . . .	90	388	315	302	617	»	295	295	18	»
Gard . . . . .	3	53	48	47	95	»	47	47	6	»
Vaucluse . . . . .	6	22	17	15	32	1	14	15	0	»
Var. . . . .	1	6	6	7	13	2	4	6	1	»
Totaux. . . . .	107	491	410	738	797	10	375	385	26	»

Nombre de chaudières distinctes ayant subi la visite complète : 375 sur 491 chaudières inscrites, soit 76,4 %.

TABLEAU N° 11. — *Tableau d'ensemble des opérations des Associations Françaises de propriétaires d'appareils à vapeur en 1888*

DÉSIGNATION DE L'ASSOCIATION	SIÈGE	ANNÉE de la fondation	NOMBRE TOTAL		NOMBRE DES VISITES DE CHAUDIÈRES			NOMBRE DE CHAUDIÈRES DISTINCTES VISITÉES			ESSAIS PAR PRESSION HYDRAU- LIQUE	
			des établissements des associés 1	des chaudières des associés 2	à l'extérieur seulement 3	à l'extérieur et à l'intérieur 4	Total 5	à l'extérieur seulement 6	à l'extérieur et à l'intérieur 7	Total 8	officiels 9	non officiels 10
Alsacienne (partie française). . . . .	Mulhouse . . . . .	1867	300	933	1438	697	2135	225	762	887	53	17
du Nord de la France. . . . .	Lille . . . . .	1873	750	3021	1019	2394	3413	893	2128	3021	243	»
de la Somme, de l'Aisne et de l'Oise.	Amiens . . . . .	1874	370	1063	1081	1060	2141	143	906	1049	13	119
Normande . . . . .	Rouen . . . . .	1874	276	673	412	613	1025	100	540	640	47	»
Parisienne . . . . .	Paris. . . . .	1874	387	1028	1200	871	2071	»	783	»	30	»
Lyonnaise . . . . .	Lyon. . . . .	1876	419	1325	1330	1413	2743	91	1200	1291	78	16
de l'Ouest de la France . . . . .	Nantes . . . . .	1878	219	610	522	434	956	129	403	532	15	»
du Sud-Ouest de la France . . . . .	Bordeaux . . . . .	1879	102	364	435	307	742	45	287	332	30	9
du Nord-Est de la France . . . . .	Reims . . . . .	1882	155	485	398	511	909	71	375	446	34	»
du Sud-Est . . . . .	Marseille. . . . .	1885	107	491	410	387	797	10	375	385	26	»
			3085	9993	8245	8687	16932				589	161
En 1878 les 6 associations existantes n'avaient à surveiller que . . . . .								2710 chaudières.				
En 1888 les 10 associations existantes surveillent . . . . .								9993 »				
Augmentation en 10 ans . . . . .								7283 »				

TABLEAU N° 12. — *Relevé des Explosions en France de 1883 à 1887.*

ANNÉE	NOMBRE DES EXPLOSIONS	CAUSES DES EXPLOSIONS						CONSÉQUENCES	
		PREMIÈRE CATÉGORIE			DEUXIÈME CATÉGORIE		TROISIÈME CATÉGORIE	TUÉS	BLESSÉS
		Corrosions intérieures ou extérieures	Défaut d'entretien et de réparation	Manque d'eau imputable à des défauts des appareils	Vices de construction	Manque d'eau imputable au chauffeur ou sans indication dé- terminée	Imprudence du chauffeur		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1883	26	2	4	0	8	12	0	38	59
1884	32	5	6	1	11	7	2	40	38
1885	15	2	5	2	2	3	1	30	28
1886	25	8	7	1	3	5	1	30	20
1887	25	3	6	3	7	5	1	13	11
Totaux . . . . .	123	20	28	7	31	32	5	151	156
		55			63				

# LES CHAUDIÈRES A PETITS ÉLÉMENTS

à l'Exposition Universelle de 1889

PAR

A. OLRV

INGÉNIEUR EN CHEF DES MINES

*Avantage de l'emploi de la vapeur à haute pression.* — L'expérience et la théorie démontrent qu'il est avantageux, au point de vue de la consommation du combustible, d'employer la vapeur à haute pression, à la condition de lui faire subir une forte détente dans les cylindres des machines, suivie d'une condensation dans des appareils appropriés.

Tel est le motif pour lequel on a vu se répandre, dans ces derniers temps, toute une famille de machines dans lesquelles la vapeur, produite à une pression élevée, se détend successivement dans deux, trois, et même un plus grand nombre de cylindres. Personne n'ignore la faveur dont jouissent les machines compound ; si leur supériorité sur les machines à longue détente dans un seul cylindre est discutable en certains cas, il en est d'autres où elles se prêtent de la manière la plus satisfaisante aux conditions spéciales du travail qui leur est demandé.

*Production de la vapeur à haute pression. Nécessité de la création de types spéciaux de générateurs.* — Mais, quoi que l'on pense à ce sujet, il faut pouvoir, dans la pratique industrielle, se procurer à bon marché, et surtout sans s'exposer à des accidents graves, de la vapeur atteignant des pressions de 10, 12, 15 kilogrammes, et quelquefois plus.

Ce problème ne saurait être convenablement résolu au moyen des anciens types de générateurs. En effet, les chaudières à bouilleurs ou à réchauffeurs, les volumineuses chaudières à foyers intérieurs dites de Cornouailles, les chaudières à foyers extérieurs renfermant des tubes à fumée noyés dans la nappe d'eau, devraient alors avoir des parois très épaisses pour résister à la force élastique de la vapeur. Ces grandes épaisseurs entraîneraient des augmentations de poids énormes, surtout dans le cas des grands diamètres, et rendraient en même temps la transmission de la chaleur au travers des tôles plus difficile, et par suite, le générateur moins économique. Elles favoriseraient les avaries résultant de l'inégalité de température des diverses parties de l'appareil, c'est-à-dire la formation de fissures en pleine tôle ou dans les assemblages, en préparant ainsi les explosions,

Enfin, les conséquences des accidents de cette nature seraient particulièrement désastreuses, puisque la puissance destructive d'une chaudière qui éclate est proportionnelle à la quantité d'eau qu'elle renferme, et augmente avec sa température. Si l'on ajoute que les besoins de l'industrie moderne et le développement de, installations de chauffage, de ventilation et d'électricité dans les villes, obligent de plus en plus à rapprocher les usines à vapeur des agglomérations humaines et parfois à les placer au milieu de quartiers d'une population très dense, il faut bien reconnaître qu'il était urgent de faire appel à des idées nouvelles pour la construction des générateurs.

*Principe de l'invention des chaudières à petits éléments.* — Une première solution consiste à substituer aux types habituels les générateurs de locomotives ; mais ces appareils sont coûteux et exigent de grands soins ; ils sont difficiles à nettoyer ; de plus, s'ils permettent une certaine diminution de poids, en raison de ce que leur paroi extérieure n'est plus exposée aux avaries qui résultent de l'action des flammes, et de ce que leur volume est moindre, à surface de chauffe égale, si, à cause de cette réduction de volume, leur puissance destructive est notablement atténuée, elle n'en reste pas moins assez redoutable pour qu'il y ait lieu de rejeter leur emploi dans un assez grand nombre de cas.

Puisque les inconvénients et les dangers que je viens de signaler sont la conséquence de la grande quantité d'eau renfermée dans les générateurs, et des dimensions qu'elle entraîne pour eux, l'idée doit venir de chercher à produire la vapeur dans des appareils présentant une grande surface de chauffe sous une faible capacité, et composés d'éléments de diamètres très réduits.

Cette réduction de diamètre est un point extrêmement important. Dans les chaudières cylindriques, la fatigue du métal à l'extension est proportionnelle au diamètre lorsque l'épaisseur reste constante, ou, ce qui revient au même, est en raison directe du diamètre et en raison inverse de l'épaisseur. Dès lors, on pourra sans augmenter cette fatigue, diminuer l'épaisseur d'une quantité déterminée, à la condition de faire subir au diamètre une réduction proportionnelle. C'est ainsi qu'un tube de 0<sup>m</sup>,10 de diamètre et de 5 millimètres d'épaisseur résistera aussi bien qu'une virole de 1 mètre de diamètre, épaisse de 5 centimètres. Et comme cette dernière épaisseur est pratiquement irréalisable, on voit qu'en fait, les chaudières de 1 mètre de diamètre n'atteignent jamais, à beaucoup près, la résistance des tubes de 0<sup>m</sup>,10.

Imaginons maintenant un cylindre de 1 mètre de diamètre et de 1 mètre de longueur, et comparons-le à un autre de diamètre 10 fois moindre et de longueur 10 fois plus grande. Ils auront tous deux même superficie, mais le volume du second sera 10 fois plus faible que celui du premier. D'où il résulte que si l'on remplace une chaudière cylindrique par un serpentin de diamètre  $n$  fois plus faible et de longueur  $n$  fois plus grande, la surface de chauffe restera constante, et le volume

sera réduit au  $n^{\text{me}}$ . Comme, en outre, la fatigue du métal, étant données les épaisseurs pratiques des tôles et des tubes, sera moindre, ainsi que je l'ai démontré, dans le serpentín que dans la chaudière cylindrique, on voit que la substitution du premier à la seconde aura pour effet, en conservant la surface de chauffe, c'est-à-dire la puissance de vaporisation, de restreindre considérablement le volume, et comme conséquence le poids, l'appareil ayant, en outre, sa résistance améliorée.

*Motifs de la préférence à donner aux générateurs à petits éléments, au point de vue de la sécurité.* — Tel est le principe de l'invention des chaudières à petits éléments. Il consiste, en définitive, à opérer la vaporisation, non plus dans des vases de grands diamètres, mais dans des serpentins ou des faisceaux de tubes ayant en général de 0<sup>m</sup>,07 à 0<sup>m</sup>,12 de diamètre.

De cette façon, la résistance est augmentée dans de larges proportions, ce qui permet à l'appareil de supporter facilement de hautes pressions ; la diminution d'épaisseur permet une meilleure transmission de la chaleur au travers du métal ; enfin, ce qui est un point essentiel, le volume d'eau emmagasiné est beaucoup moindre, à surface de chauffe égale, et les conséquences des explosions se trouvent ainsi fortement atténuées.

La sécurité que procure l'emploi des générateurs à petits éléments résulte d'ailleurs, non seulement de leur faible capacité, mais encore et surtout de la répartition de l'eau et de la vapeur dans un grand nombre de tubes qui ne communiquent entre eux que par des raccords à section étroite. Cela étant, si une rupture vient à se produire, la difficulté de communication des diverses parties du générateur entre elles, en ralentissant considérablement l'écoulement du mélange fluide, enlève au phénomène l'instantanéité qui le rend si redoutable. Tout se borne à un écoulement d'eau et de vapeur, c'est-à-dire à une simple fuite plus ou moins abondante et plus ou moins prolongée. Il n'y a plus d'explosion proprement dite, plus d'effets destructeurs, plus de ces effrayantes catastrophes qui répandent au loin la mort et la ruine ; on n'observe souvent qu'un entraînement de vapeur par la cheminée ou un écoulement d'eau dans le foyer.

C'est pour cela que le règlement allemand du 29 mai 1871, et l'ordonnance du 3 novembre 1884, spéciale à l'Alsace-Lorraine, ont exonéré des conditions d'emplacement applicables à la généralité des chaudières celles qui consistent en tubes bouilleurs de moins de 0<sup>m</sup>,10 de diamètre intérieur.

En France, aucune disposition générale n'a été prévue en faveur de ce genre d'appareils. Mais il est dans les traditions administratives de dispenser des conditions d'emplacement réglementaires, par mesures individuelles, ceux dans lesquels le faible volume et la grande division de l'eau donnent toute garantie pour la sécurité du voisinage. Du reste, à défaut même de dispenses ainsi accordées, la seule réduction de capacité de la chaudière, en la faisant descendre dans

l'échelle des catégories fixées par le règlement, lui donne, à ce point de vue, une supériorité notable sur les anciens systèmes de générateurs.

*Inconvénients de la diminution du volume d'eau. Moyens d'y remédier.* — La diminution du volume d'eau emmagasiné n'est pas, toutefois, sans présenter d'inconvénients quant à la régularité de marche de la chaudière. Il est plus difficile alors d'y maintenir le niveau à hauteur invariable, comme aussi d'obtenir une pression uniforme, quelle que soit la dépense de vapeur ; en même temps, on est plus exposé aux coups de feu. Dans quelques types de chaudières multitubulaires, telles que les chaudières Belleville, Oriolle, Bouron, etc., on a passé outre à ces difficultés ; on les a, d'ailleurs, efficacement combattues dans la chaudière Belleville, en réglant automatiquement l'alimentation à l'aide d'un flotteur, et la pression de la vapeur au moyen d'un appareil à ressort agissant sur le registre de la cheminée ; mais, dans la plupart des autres systèmes, on a jugé préférable de remplir entièrement d'eau le faisceau tubulaire et de remonter le niveau dans un ou plusieurs réservoirs supérieurs d'une capacité plus ou moins grande, soustraits — sauf exceptions — à l'action des gaz du foyer. De cette façon, les coups de feu sont moins à craindre, le niveau est plus stable, l'alimentation peut être intermittente, et l'on obtient un volant de chaleur qui limite les écarts de la pression ; les réservoirs qui contiennent la majeure partie de l'excédent de liquide sont à l'abri de l'action des gaz de la combustion ; il ne sont exposés qu'à très peu de causes d'avaries ; enfin, en cas de rupture d'un ou de plusieurs tubes, ce n'est jamais que la section de ceux-ci qui serait ouverte à l'écoulement des fluides, et cet écoulement resterait progressif ; on serait donc loin de la vérité si l'on pensait que le danger d'effets dynamiques se trouve augmenté dans les chaudières dont je parle, par rapport à la chaudière Belleville, dans la même proportion que le nombre des calories emmagasinées. Cependant, il faut bien reconnaître que l'addition de grands réservoirs partiellement remplis d'eau, est contraire au principe même des chaudières à petits éléments, et qu'il peut en résulter, en cas d'explosion, des effets dynamiques que ces chaudières ont précisément pour but d'éviter. A la vérité, de pareilles explosions sont peu probables, mais il est néanmoins prudent de compter avec elles ; d'autre part, si un tube vient à se déchirer, la quantité de fluides qui s'en échappera sera bien plus considérable, et les ouvriers seront plus exposés à être brûlés par l'eau et la vapeur.

Pour ces divers motifs, l'administration s'est toujours montrée beaucoup plus réservée, en matière de tolérance d'emplacement, à l'égard des chaudières de cette dernière classe, qu'à l'égard de celles où l'eau est exclusivement renfermée dans le faisceau tubulaire. Pour ma part, je n'hésite pas à donner la préférence à ces dernières, en tant que générateurs de sécurité.

*Types nombreux de chaudières à petits éléments.* — Ces préliminaires posés, je vais aborder l'étude sommaire des principales dispositions qui ont été

appliquées dans les chaudières à petits éléments. L'esprit des inventeurs s'est ingénié à les varier ; aussi, le nombre des types qui ont été offerts à l'industrie est-il considérable. Beaucoup disparaissent après une existence éphémère, et seuls subsistent ceux qui sont rationnellement établis, construits avec soin et en matériaux de bonne qualité, et qui, en outre, sont habilement présentés au public. La concurrence, de jour en jour plus active, qui s'exerce entre les divers systèmes en présence, la préoccupation incessante de trouver des combinaisons nouvelles et d'améliorer celles qui existent, sont d'ailleurs la meilleure preuve de l'utilité des générateurs multitubulaires dits inexplosibles, et viennent donner la consécration de leur succès.

Je ne saurais avoir la prétention de donner ici une description détaillée de la totalité, ni même seulement d'une grande partie des types connus ; le temps qui m'est imparti n'y suffirait pas ; je me bornerai donc à passer en revue ceux que j'ai eu l'occasion d'étudier personnellement, particulièrement à l'Exposition universelle, en les divisant en catégories d'après leurs caractères les plus essentiels.

*Chaudières non comprises dans cette étude.* — Tout d'abord, j'éliminerai, comme ne rentrant pas directement dans le cadre de cette conférence, les générateurs qui, à côté de faisceaux tubulaires, présentent des capacités relativement volumineuses directement soumises à l'action des flammes. Je range dans cette catégorie la chaudière Field à foyer intérieur et doubles tubes pendants, ainsi que ses dérivés immédiats tels que la chaudière Rocour, bien que cette dernière ait avantageusement substitué au foyer intérieur ordinaire, un système jointif de tubes à circulation d'eau, en faisant ainsi disparaître la plus grande partie de la surface de chauffe non tubulaire. J'y comprends également la chaudière « Le Hérisson », basée aussi sur l'emploi du tube Field, la chaudière Bordone à foyer intérieur, et même la chaudière de Dion, Bouton et Trépardoux, dans laquelle le faisceau de tubes est disposé circulairement entre une capacité annulaire verticale et un bouilleur central, tous deux remplis d'eau. Ces appareils sont bien conçus et méritent de fixer l'attention, mais ils ne se rattachent que par certains points aux chaudières proprement dites à petits éléments.

*Définition usuelle des générateurs à petits éléments.* — On désigne ordinairement de cette manière des générateurs essentiellement formés d'un faisceau de tubes plus ou moins inclinés, souvent divisé suivant des plans verticaux en un certain nombre d'éléments juxtaposés les uns aux autres et identiques entre eux. Les tubes sont réunis à leurs extrémités, dans chaque élément, ou dans le faisceau tout entier, par des communications, des collecteurs verticaux ou inclinés, ou des caisses de tôle entretoisées formant lames d'eau ; cette réunion est opérée fréquemment des deux côtés du faisceau, mais parfois elle ne l'est que d'un seul. Enfin, le groupe tubulaire est surmonté, en général, d'un ou de plusieurs réservoirs, où affleure souvent le niveau normal de l'eau.

*Chaudières à serpentins. Type Belleville.* — Parmi les types en usage en France, la chaudière Belleville est la seule où l'élément forme serpent, et dans laquelle une bulle de vapeur produite à l'intérieur de l'un des tubes soit obligée de parcourir tous ceux qui se trouvent au-dessus pour se dégager. Le niveau de l'eau y est fixé à une certaine hauteur dans le faisceau tubulaire lui-même, et les éléments ne sont surmontés que d'un simple réservoir collecteur de vapeur.

Avec cette disposition, il est indispensable que l'arrivée de l'eau à la partie inférieure de chaque serpent se fasse constamment en conformité exacte de la vaporisation, afin que la hauteur de la partie dans laquelle elle se transforme en vapeur ne soit ni trop forte, ce qui donnerait naissance à des entraînements exagérés de liquide, ni trop faible, ce qui pourrait occasionner des coups de feu. Un régulateur automatique d'alimentation assure l'afflux d'eau de manière à satisfaire à cette double condition.

*Autres systèmes. Leur répartition en deux grandes classes.* — Dans les autres systèmes, on s'attache à ce qu'une bulle de vapeur formée dans l'un quelconque des tubes, au lieu d'être obligée d'en parcourir d'autres, trouve une issue aussi directe que possible vers le haut de l'appareil. Les tubes y fonctionnent donc indépendamment les uns des autres, comme autant de petits générateurs distincts ; en même temps, le niveau de l'eau est presque toujours reporté dans le réservoir supérieur.

On peut diviser ces appareils en deux grandes classes, savoir :

1° Ceux dans lesquels l'arrivée de l'eau d'alimentation et le dégagement de la vapeur se font aux deux extrémités des tubes ;

2° Ceux dans lesquels cette arrivée et ce dégagement n'ont lieu que d'un seul côté.

*Première classe. Ses subdivisions.* — Les générateurs de la première classe se répartissent eux-mêmes en trois familles distinctes :

(A). — Chaudières divisées par des plans verticaux en éléments dont les tubes sont reliés de proche en proche par des communications. Telles sont les chaudières Root, de Naeyer, Lagosse et Bouché, Morelle. Dans ces divers types, les tubes sont tous parallèles entre eux ; ils débouchent à leurs extrémités, individuellement ou par groupes de deux, dans des boîtes que des communications réunissent dans le sens vertical. De cette façon, l'eau d'alimentation et la vapeur peuvent cheminer à l'avant et à l'arrière du faisceau dans une série de conduits plus ou moins sinueux, constitués par les boîtes et leurs communications. Dans les générateurs de Naeyer et Lagosse, il y a deux tubes par boîte ; il n'y en a qu'un dans les chaudières Root et Morelle. Les boîtes de ce dernier système ne sont pas distinctes de leurs communications ; elles s'empilent les unes sur les autres, assemblées par des boulons, et chaque joint ainsi constitué est traversé par un conduit qui fait corps avec les deux boîtes contiguës. Les chaudières Root, de Naeyer et La-

gosse possèdent, au contraire, des communications indépendantes des boîtes, et réunies à celles-ci par des petits tubes en fer à joints précis et à emboîtement doublement conique.

(B). — Chaudières formées d'éléments de tubes assemblés des deux côtés par des collecteurs verticaux ou inclinés. A cette catégorie appartiennent les chaudières Babcock et Wilcox, Roser, Maniguet, Montupet, etc. Les tubes y sont encore parallèles ; cependant il y a des exceptions à cette règle : ainsi, dans le type Sinclair, ils forment deux groupes ayant des inclinaisons opposées. Chaque élément comprend une seule rangée verticale de tubes, comme dans les chaudières Babcock, Roser, Sinclair, ou deux, comme dans les chaudières Montupet et Maniguet ; il pourrait y en avoir un plus grand nombre.

(C). — Chaudières composées d'un faisceau de tubes débouchant à chaque extrémité dans un collecteur unique constitué par une caisse en tôle entretoisée formant lame d'eau. Les chaudières Oriolle, Mathot, Hanrez, Lagrafel et d'Allest, etc, sont dans ce cas. Le parallélisme des tubes est encore la règle générale, sauf exceptions, comme dans la chaudière Sinclair, type à lames d'eau, où le faisceau est divisé en deux parties d'inclinaisons différentes, les caisses étant disposées de manière à les recevoir perpendiculairement à leurs grandes faces.

*Seconde classe. Emploi des tubes Field et systèmes divers.* — Quant aux générateurs de la seconde classe, on peut d'abord y distinguer ceux qui reposent sur l'emploi du tube Field à circulation d'eau, couché dans une position à peu près horizontale. Je citerai notamment les chaudières Collet, Bouron, Dubuc et Bourgeois. Dans la première, les tubes à circulation d'eau aboutissent à des collecteurs verticaux correspondant à autant d'éléments ; dans la seconde, ils sont implantés sur le parement d'un réservoir parallélépipédique formant le fond de la boîte à feu ; enfin, dans la troisième, qui est très peu répandue, on retrouve une disposition analogue à celle de la chaudière Collet, avec division en éléments verticaux, mais avec cette différence que les tubes successifs, au lieu d'être indépendants, communiquent entre eux, l'eau passant de chaque tube vaporisateur dans le tube directeur situé immédiatement au-dessous. Il ne faut pas oublier la chaudière Uhler, où les tubes Field sont remplacés par des tubes ordinaires fermés à un bout, mais partagés en deux compartiments égaux, l'un supérieur, l'autre inférieur, par des diaphragmes en tôle percés de quelques trous et s'arrêtant à une certaine distance de leurs extrémités libres.

La même classe comprend d'autres systèmes assez variés ; je n'en citerai que deux. D'abord, la chaudière Terme et Déharbe, où les tubes autres que ceux du coup de feu, répartis dans chaque élément en groupes de trois, dont deux inclinés dans un sens et un dans l'autre, aboutissent d'un côté à un collecteur vertical, et sont reliés de l'autre par des boîtes de forme appropriée, simplement superposées, le tout formant trois rangées verticales, avec inclinaisons opposées

pour celle du milieu et pour les extrêmes. Puis la chaudière Bourgois et Lencachez, dans laquelle chaque élément comprend un barillet divisé en deux compartiments par une cloison verticale, et des couples de tubes, inclinés en sens contraires, formant des sortes de fourches entre ces deux compartiments et reliés à leurs extrémités libres par des boîtes. Chaque barillet est fermé par le bas et suspendu par le haut au réservoir d'eau et de vapeur. Sa cloison intérieure sépare le courant d'eau descendant vers sa base du courant ascendant de vapeur, mais est percée de fenêtres de communication permettant à l'eau chaude qui a déjà circulé dans l'un des couples de tubes de parcourir ensuite un couple plus élevé, plutôt que de se rendre directement au réservoir supérieur.

*Tubes de retour de flammes.* — En général, les tubes bouilleurs ne sont chauffés qu'extérieurement. Cependant, on y fait parfois passer un ou plusieurs tubes de retour de flammes. Cette disposition existe avec quatre tubes de retour dans une des variantes de la chaudière Maniguet, et avec un seul dans la chaudière Morelle et dans certains types de chaudières Roser et Bourgois.

*Conditions que doit remplir un bon système de chaudière à petits éléments.* — Les conditions que tout bon système de chaudière à petits éléments doit remplir, sont les suivantes :

- 1° Sécurité ;
- 2° Économie de combustible ;
- 3° Économie de poids ;
- 4° Économie de place ;
- 5° Facilité de montage ;
- 6° Facilité de conduite ;
- 7° Facilité des nettoyages ;
- 8° Économie dans l'entretien et facilité des réparations ;
- 9° Production de vapeur sèche ;
- 10° Régularité de marche ;
- 11° Rapidité de mise en pression ;
- 12° Économie dans le prix de premier établissement.

Je vais examiner successivement par quels moyens et dans quelle mesure ces divers résultats peuvent être obtenus dans la pratique. J'aurai ainsi l'occasion naturelle de comparer les types que j'ai énumérés, ou du moins les principaux d'entre eux, et d'indiquer les dispositions spéciales qui les caractérisent.

## SÉCURITÉ

*Supériorité des chaudières à faible réserve d'eau.* — Relativement à la sécurité, je n'ai rien à ajouter à ce que j'ai dit précédemment. Pour qu'elle soit assurée d'une manière complète, il est nécessaire que la chaudière contienne un

faible volume d'eau et que cette eau soit renfermée dans des capacités exclusivement tubulaires. Sous ce rapport, la chaudière Belleville l'emporte sur les générateurs à réservoirs supérieurs d'eau et de vapeur. Parfois, comme dans les chaudières Babcock, et surtout dans les chaudières Mathot, le volume ainsi emmagasiné est important ; dès lors, si le réservoir venait à faire explosion, les effets dynamiques produits pourraient être considérables. Quelle que soit l'improbabilité d'un événement de ce genre, le générateur cesse alors, à proprement parler, d'être inexplosible, et, de plus, en cas de rupture d'un tube, l'écoulement abondant des fluides augmente les chances de brûlure pour les chauffeurs.

### ÉCONOMIE DE COMBUSTIBLE

*Éléments qui influent sur la consommation de combustible.* — La consommation de charbon dans les chaudières dépend de trois éléments principaux qui sont : la disposition du foyer, le mode de circulation des gaz de la combustion au contact des surfaces de chauffe, et la facilité plus ou moins grande d'absorption de la chaleur par ces surfaces.

*Disposition du foyer.* — La disposition du foyer est en quelque sorte indépendante du système de chaudière choisi. On peut, en effet, adapter des foyers différents à un type déterminé. L'étude que ce sujet comporte est donc distincte de celle dont je m'occupe, et peut être laissée ici de côté. Je me bornerai à mentionner qu'avec les chaudières à petits éléments, on peut faire usage soit du tirage naturel, soit du tirage forcé.

*Mode de circulation des gaz du foyer. Moyens d'obtenir une combustion complète.* — Le mode de circulation des gaz de la combustion au contact des surfaces de chauffe est, au contraire, un des points importants qui différencient les divers systèmes. D'une manière générale, les chaudières multitubulaires ont l'avantage de présenter, sous un faible volume, une très grande surface de chauffe qui est en quelque sorte plongée dans le foyer. On conçoit que cette disposition, qui serait irréalisable avec les chaudières ordinaires, soit particulièrement favorable à l'utilisation de la chaleur.

Mais encore faut-il que la combustion des gaz soit complète, par suite de leur mélange intime avec l'air, et que leur contact avec la superficie extérieure des tubes soit convenablement assuré, pour qu'ils puissent se dépouiller aisément de leur calorique. On obtient pratiquement ce double résultat en brassant la masse gazeuse au-dessus même du foyer à l'aide de jets de vapeur, et en rapprochant les tubes les uns des autres, de manière à forcer le courant à se laminer entre eux, ce qui favorise sa combustion, tout en l'obligeant à lécher les surfaces sur lesquelles il doit agir. Sous ce rapport, les chaudières à tubes débouchant dans des boîtes réunies par des communications indépendantes et démontables gagnent

à avoir deux tubes par boîte, comme dans les chaudières de Naeyer et Lagosse, plutôt qu'un seul, comme dans la chaudière Root ; il est plus facile, dans le premier cas, d'obtenir le rapprochement qui assure la bonne utilisation de la chaleur.

Dans le même ordre d'idées, il est avantageux de disposer les tubes en quinconce, parce qu'alors les gaz sont obligés de les contourner, et de circuler dans des conduits sinueux où ils se brassent, en abandonnant leur calorique aux surfaces environnantes. Le quinconçage des tubes est commode à réaliser dans le cas où ils aboutissent à des boîtes superposées ; il suffit alors de placer ces boîtes, dans les diverses rangées horizontales, un peu en retrait les unes par rapport aux autres. Il en est de même dans les chaudières à collecteur unique à chaque extrémité du faisceau tubulaire ; l'implantation des tubes dans les caisses formant lames d'eau peut toujours être faite en conséquence. Mais lorsqu'il s'agit de chaudières à éléments correspondant à des collecteurs verticaux ou inclinés, le problème est plus difficile, et on ne peut le résoudre complètement qu'en ondulant les collecteurs comme on l'a fait dans le type Babcock, ou bien encore en adaptant aux tubes, sur toute leur longueur, des ailerons métalliques qui obligent les flammes à les contourner, ce dont une variante du type Bourgeois donne un exemple.

Enfin, la circulation des gaz au travers du faisceau tubulaire est réglée le plus souvent, dans son ensemble, par un système de cloisons formant chicanes, et disposées, d'après la longueur des tubes, leur nombre et leur inclinaison, tantôt horizontalement, tantôt verticalement, tantôt dans une position plus ou moins inclinée. Ces chicanes améliorent la répartition des gaz à l'intérieur du fourneau et y déterminent, en général, deux ou trois parcours de flammes.

La chaudière Maniguet offre une disposition qui mérite d'être citée, au moins à titre de curiosité. Le faisceau tubulaire y est divisé par une cloison transversale en deux parties correspondant à deux parcours des gaz. Dans celle d'avant, les tubes sont d'assez gros diamètre, mais, dans celle d'arrière, leur diamètre est beaucoup plus faible et leur nombre est quadruplé, c'est-à-dire que chaque gros tube se prolonge par quatre petits. On s'est proposé de cette manière de refroidir plus rapidement les gaz, dans leur second parcours, en raison de la multiplicité de leurs contacts avec les surfaces de chauffe.

*Sécheurs de vapeur et réchauffeurs d'eau d'alimentation.* — Pour abaisser encore davantage la température des gaz à l'entrée du carneau conduisant à la cheminée, on leur fait souvent chauffer un sécheur de vapeur disposé soit sous le plafond supérieur du fourneau, soit à côté de celui-ci, et constitué, d'habitude, par un serpentin ; celui de la chaudière Uhler consiste en un groupe de doubles tubes, analogues à des tubes Field. Dans quelques types, on fait en même temps lécher par les gaz la partie inférieure du réservoir d'eau et de vapeur ; c'est une disposition défectueuse, car elle augmente les chances d'avaries de ce réservoir qui,

en cas d'explosion, pourrait donner lieu à des effets dynamiques d'une certaine intensité.

Un autre moyen d'utiliser la chaleur des produits de la combustion consiste à s'en servir, en dernier lieu, pour réchauffer l'eau d'alimentation, qui arrive alors par un serpentín ou par un faisceau tubulaire spécialement établi pour cet objet. Certaines chaudières Mathot comprennent de gros réchauffeurs verticaux faisant corps avec les réservoirs supérieurs; l'eau alimentaire y pénètre par le bas.

*Absorption de la chaleur par les surfaces de chauffe. Utilité des nettoyages.* — Il ne suffit pas que les surfaces de chauffe soient habilement disposées; il faut encore qu'elles puissent absorber facilement la chaleur. Pour cela, il convient, d'abord, qu'elles soient toujours tenues propres à l'intérieur et à l'extérieur.

Dans tous les systèmes, on a prévu le nettoyage intérieur des tubes, et on s'est arrangé de manière à le rendre aussi facile que possible. Le nettoyage extérieur ne doit pas non plus être négligé. Je reviendrai tout à l'heure sur ce sujet.

*Rapidité de la circulation dans les tubes.* — Une seconde condition essentielle à remplir est que les tubes bouillants soient constamment parcourus par un courant très actif d'eau et de vapeur. La circulation rapide des fluides favorise la prompt absorption de la chaleur, déjà facilitée par l'épaisseur relativement faible des tubes, et permet de bien utiliser la conductibilité du métal; elle assure, en outre, une température relativement uniforme dans toutes les parties de la chaudière, et atténue, par conséquent, les inconvénients résultant des inégalités de dilatation.

Dans la chaudière Belleville, l'eau est distribuée aux divers serpentins, à haute température, par un distributeur horizontal qu'un tuyau vertical met en relation avec le réservoir supérieur de vapeur, dans lequel se fait l'alimentation; quand, ensuite, cette eau se vaporise, chaque serpentín se trouve parcouru par la totalité de la vapeur formée dans les tubes qui le composent. Le faisceau tubulaire renferme donc, à vrai dire, un mélange d'eau et de vapeur dont la densité varie avec l'activité du feu, mais est, dans tous les cas, très inférieure à celle de l'eau de renouvellement amenée par le tuyau vertical extérieur. Cette grande différence dans les densités agit nécessairement de la manière la plus heureuse sur la rapidité de la circulation; mais on reproche parfois à ce système de donner lieu à la formation de chambres de vapeur qui pourraient occasionner des coups de feu; ce danger ne me paraît guère à craindre, à moins d'un feu d'une intensité tout à fait excessive, car la proportion de vapeur que l'eau renferme est relativement faible dans les tubes inférieurs qui sont les plus exposés à l'action du foyer; elle augmente ensuite à mesure qu'on s'élève dans le faisceau, mais alors les tubes étant moins chauffés, leurs chances d'altération diminuent; du reste, si une émulsion subite venait à soulever l'eau et à la transporter dans les tubes

supérieurs, l'inclinaison continue du serpent in la ramènerait rapidement vers la base du générateur. Ajoutons, enfin, que la vapeur dégagée entraîne avec elle un grand excès d'eau qui refroidit les tubes situés au-dessus du niveau normal, en utilisant leur surface de chauffe, et les empêche ainsi de se brûler. Cette eau, après avoir été recueillie dans l'épurateur disposé pour cet objet, revient dans les éléments avec l'eau d'alimentation. Une longue pratique a démontré l'efficacité de ce mode de circulation; l'eau pénètre régulièrement dans le bas des éléments en raison des besoins de leur vaporisation, et l'automoteur d'alimentation maintient, dans chacun d'eux, le niveau normal à une hauteur constante.

Dans les types où la surface libre du liquide se trouve dans le réservoir supérieur, et où la vapeur est dirigée vers ce réservoir à la sortie de chaque tube, sans parcourir les autres, la circulation n'est plus aidée dans la même mesure par le dégagement de la vapeur et par l'écart des densités qui en est la conséquence. Il faut alors combiner le système de façon que, dans le circuit complet constitué par le réservoir supérieur, le faisceau tubulaire, et les collecteurs qui les réunissent, l'action de la chaleur entraîne nécessairement un mouvement général de circulation du liquide dans un sens déterminé, abstraction faite de l'action de la vapeur produite. Le dégagement de cette vapeur doit d'ailleurs favoriser, et surtout ne jamais entraver la circulation du liquide; en d'autres termes, il ne doit jamais y avoir de conflit entre l'eau et la vapeur. La chaudière Collet est très bien conçue sous ce rapport. De même que toutes celles qui sont basées sur l'emploi du tube Field couché presque horizontalement, le mouvement de l'eau y est accéléré, en raison de la faible section qu'elle occupe entre les tubes bouilleurs et les tubes directeurs; il se produit là quelque chose d'analogue à ce qui existe dans la chaudière Belleville, parce qu'il se fait dans chaque intervalle une vaporisation assez importante relativement à l'espace disponible pour le dégagement des bulles. De plus, une cloison sépare, dans chaque collecteur vertical, le courant ascendant de la vapeur et de l'eau échauffée qui se meut dans le même sens, du courant descendant de l'eau de renouvellement. Dans la chaudière Uhler, au contraire, les diaphragmes dont les tubes sont pourvus ne paraissent pas assurer convenablement la circulation de l'eau.

Les tubes de retour de flammes, en diminuant la section offerte à l'échappement de la vapeur, produisent un effet analogue à celui des tubes Field; aussitôt diminue-t-on parfois leur diamètre dans les rangées inférieures, pour éviter les coups de feu; la chaudière Roser donne un exemple de cette particularité.

Par contre, l'entrée de l'eau d'alimentation et la sortie de la vapeur se font assez difficilement dans les chaudières où les tubes sont raccordés par des boîtes et des communications, à cause des étranglements et des changements brusques de direction qui résultent de ce mode de jonction. Dans la chaudière Lagosse, on a cherché à supprimer cette imperfection en donnant aux boîtes dans lesquelles les tubes débouchent une position inclinée se rapprochant beaucoup de la verti-

cale, ce qui atténue l'inconvénient des coudes, et en divisant le faisceau tubulaire en deux parties inégales, évacuant chacune leur vapeur dans un collecteur spécial disposé horizontalement.

La grande inclinaison des tubes améliore aussi la circulation de la masse fluide. C'est un des motifs pour lesquels on a donné au faisceau tubulaire une position presque verticale dans la chaudière Hanrez. Cette disposition s'oppose aussi à la formation des chambres de vapeur.

Enfin, par analogie avec ce qui existe dans la chaudière Belleville, on met souvent la base du faisceau tubulaire en communication par un ou plusieurs tuyaux avec le réservoir supérieur d'eau et de vapeur, où se fait alors l'alimentation. On améliore ainsi le circuit que le courant fluide parcourt; l'eau, injectée dans le réservoir, descend par ces tuyaux à un distributeur horizontal situé à la base du faisceau et sur l'un de ses côtés; elle s'élève, ensuite, dans les tubes inclinés en se transformant partiellement en vapeur, puis revient au réservoir du côté opposé, après avoir ainsi effectué un cycle complet. De cette façon, elle accède d'abord aux tubes inférieurs, et le courant, pris dans son ensemble, suit une marche de même sens que les produits de la combustion. Cette combinaison est évidemment peu rationnelle, mais, en pratique, elle a peu d'inconvénient, puisque l'eau arrive déjà chaude dans le distributeur d'alimentation; de plus, orsque les tubes sont longs et qu'il y a plusieurs parcours de flammes dirigés perpendiculairement à leur longueur, la circulation se fait ordinairement, dans chacun d'eux, en sens inverse de celle des gaz chauds. Dans la chaudière Dubuc, la disposition est différente; l'eau descend successivement d'un tube à un autre et, néanmoins, elle chemine dans les intervalles annulaires compris entre les tubes bouilleurs et les tubes directeurs dans le même sens que la vapeur: cette disposition est théoriquement satisfaisante, mais ses avantages sont rachetés par une assez grande complication de l'appareil.

*Production de vapeur sèche par kilogramme de charbon brûlé, ramené à l'état pur, et par mètre carré de surface de chauffe.* — Il serait intéressant de pouvoir comparer entre eux, au point de vue de la bonne utilisation du combustible, les différents systèmes de chaudières multitubulaires. Un travail de ce genre ne saurait malheureusement donner aucun résultat précis. En effet, la production de vapeur par kilogramme de charbon consommé dépend d'éléments très complexes, tels que la nature, l'état physique, le pouvoir calorifique du combustible, l'habileté du chauffeur, l'allure plus ou moins forcée du foyer, la température de l'eau d'alimentation, la pression, la quantité d'eau entraînée, etc. On peut dire, toutefois, que les types bien combinés de chaudières multitubulaires vaporisent plus d'eau, toutes choses égales d'ailleurs, que les chaudières de grande capacité. Je crois que, dans les meilleurs systèmes, on peut admettre comme moyenne, avec une bonne allure, une production de 8 à 9 kilogrammes de vapeur

sèche par kilogramme de charbon ramené à l'état pur. Dans ces conditions, la température des gaz à leur entrée dans le carneau conduisant à la cheminée ne dépasse généralement pas 180 à 200°, alors que dans les chaudières ordinaires elle est habituellement de plus de 300°. Elle s'abaisse même à environ 100° lorsque les gaz servent, en dernier lieu, à réchauffer l'eau d'alimentation.

Quant à la production de vapeur par mètre carré de surface de chauffe, il est bon, pour que la marche reste économique et que l'appareil ne soit pas surmené, de ne pas la pousser au-delà de 12 à 15 kilogrammes par heure; toutefois, dans les générateurs Belleville, où la circulation est particulièrement rapide, on peut, sans inconvénient, atteindre 18 kilogrammes, et même davantage.

En résumé, les générateurs à petits éléments, supposés convenablement installés et habilement conduits, sont des appareils qui, indépendamment de la sécurité qu'ils procurent, permettent de réaliser une économie notable sur le prix du kilogramme de vapeur.

### ÉCONOMIE DE POIDS

*Légereté des générateurs à petits éléments.*— Ils sont beaucoup plus légers vides ou remplis d'eau, que les chaudières ordinaires, et même que les chaudières tubulaires de même puissance, surtout quand ils ne comportent pas un volumineux réservoir supérieur. Cette qualité est précieuse dans la marine, car elle permet de substituer un fret productif à un poids mort, et procure ainsi, indirectement, un bénéfice supplémentaire.

### ÉCONOMIE DE PLACE

*Faible emplacement nécessaire pour une installation.*— Grâce à leur faible volume, on peut installer les chaudières multitubulaires dans des locaux très exigus, et obtenir ainsi l'application de grandes forces avec un espace restreint. Les générateurs Belleville ont un volume cinq à six fois moindre que celui des chaudières à bouilleurs de même puissance. Sous ce rapport, les types les moins avantageux sont ceux qui exigent autour de chaque générateur des intervalles libres assez larges pour les nettoyages, ainsi que pour la sortie et la rentrée des tubes.

### FACILITÉ DE MONTAGE

*Division en pièces peu pesantes et de dimensions restreintes.*— Les chaudières à petits éléments sont généralement formées, à l'exception de leurs réservoirs supérieurs, de pièces peu pesantes, et souvent aussi facilement démontables. Il résulte de là une grande commodité pour les transports et pour le montage. On peut, en effet, les diviser en colis de faibles poids et de dimensions restreintes, et les faire circuler ainsi, aisément, dans les mauvais chemins et dans

les pays accidentés. On peut de même les introduire par parties dans les emplacements d'un accès difficile, par exemple dans les sous-sols des maisons, au fond des mines ou dans les cales des navires. L'économie qui correspond à cet avantage est parfois loin d'être négligeable.

### FACILITÉ DE CONDUITE

*Influence du volume d'eau.* — Lorsque les générateurs multitubulaires renferment un volume d'eau assez considérable, par suite de la réserve accumulée dans les réservoirs où se trouve le niveau normal, leur conduite ne diffère guère de celle d'une chaudière quelconque; leur stabilité manométrique est suffisamment assurée, et leur niveau d'eau ne varie pas brusquement. On peut donc les alimenter d'une manière intermittente, et les employer tels quels à un travail industriel irrégulier. Mais, s'il en est autrement, si les capacités renfermant de l'eau sont exclusivement tubulaires, il est bon d'avoir recours à des appareils automatiques pour accélérer ou ralentir l'afflux d'eau alimentaire, et déterminer l'activité de la combustion selon les nécessités du travail. J'ai déjà parlé du régulateur d'alimentation et de niveau d'eau, et du régulateur de tirage et de pression de la chaudière Belleville, employés pour cet objet; ces appareils ont reçu la sanction de l'expérience; ils règlent d'eux-mêmes le régime d'alimentation, la pression de la vapeur et la marche du foyer, et rendent ainsi la tâche du chauffeur moins délicate.

### FACILITÉ DES NETTOYAGES

*Épuration de l'eau d'alimentation et nettoyage intérieur des tubes.* — La rapidité de circulation de l'eau dans les tubes retarde l'adhérence, puis l'épaississement des incrustations au contact des parois chauffées, mais ne peut arriver à supprimer les dépôts de ce genre. Il faut donc se préoccuper du nettoyage intérieur des chaudières à petits éléments, pour éviter les coups de feu et assurer une facile transmission de la chaleur à l'eau à vaporiser.

Une première mesure à recommander consiste à épurer les eaux par les procédés connus, avant de les envoyer à la chaudière.

Quand elles ne sont pas trop impures, on peut se dispenser de cette opération préalable, mais il est bon, alors, qu'elles se dépouillent, avant de pénétrer dans les tubes, de la majeure partie des sels incrustants qu'elles renferment.

Ce résultat est obtenu, dans la chaudière Belleville, par l'injection directe de l'eau froide à l'une des extrémités du réservoir renfermant la vapeur à haute pression; en outre, dans les types les plus récents, cette eau est traversée sur le trajet qu'elle doit faire pour se rendre à l'autre extrémité du réservoir, par les gerbes fluides qui s'échappent des orifices supérieurs des divers éléments; elle est ainsi soumise à une agitation violente, sa température s'élève rapidement, et il

en résulte la précipitation, à l'état pulvérulent, des sels calcaires qui s'y trouvaient en dissolution. Ces sels descendent avec elle dans le tuyau qui aboutit au distributeur horizontal d'alimentation, mais, en raison de leur densité, ils ne pénètrent pas dans ce distributeur, et tombent en vertu de leur poids dans un récipient spécial situé sur le prolongement du tuyau d'amenée et appelé déjecteur; on les expulse de temps à autre, par la pression de la vapeur, en manœuvrant un robinet de purge.

On obtient encore ainsi un autre avantage : c'est que l'eau de renouvellement, introduite dans le distributeur d'alimentation, est presque aussi chaude que la vapeur qu'il s'agit de produire : dès lors, on n'observe plus entre les divers éléments les écarts de température et les différences de vaporisation qui se manifestaient parfois, lorsque l'alimentation se faisait directement à froid dans le distributeur, et qui occasionnaient des inégalités de niveau d'eau et de dilatation préjudiciables à la solidité de l'appareil.

Les bons effets de ce procédé, qui n'a d'autre inconvénient que de charger d'une plus grande quantité d'eau la vapeur du réservoir, ont été constatés par une longue pratique industrielle; aussi a-t-il été adopté en principe, et sous réserve de modifications dans les détails, dans nombre de types de chaudières à tubes d'eau; il rend les nettoyages intérieurs moins fréquents, mais ne suffit pas non plus, à beaucoup près, à les éviter complètement, et il convient, par suite, de prendre les dispositions nécessaires pour exécuter rapidement ces opérations, qui sont d'autant plus faciles que les tubes sont plus courts.

Quand on a recours aux désincrustants, il faut éviter l'emploi de ceux qui sont solides et volumineux, parce qu'en se répandant dans le faisceau tubulaire, ils pourraient y occasionner des obstructions.

Dans le cas des générateurs à tubes de retour de flammes, il faut nécessairement, pour les nettoyages, enlever ces tubes, ou les petits faisceaux intérieurs; on y arrive assez aisément en les assemblant aux collecteurs ou aux boîtes qu'ils traversent par le système Bérendorf.

Lorsque les tubes sont réunis de proche en proche par des boîtes et des communications indépendantes, comme dans les chaudières de Naeyer, Lagosse et Root, on ne peut les nettoyer qu'en dégagant leurs orifices par l'enlèvement des communications. La jonction de celles-ci avec les boîtes étant obtenue au moyen de petits tubes en fer coniques à leurs extrémités, on a quatre joints à défaire du même côté, par boîte correspondant à un seul ou à deux tubes: la manœuvre est donc assez longue et délicate; de plus, ces joints ont l'inconvénient de ne pas être autoclaves; ils sont maintenus par la pression exercée sur eux au moyen d'ancres et de boulons. Enfin, lorsque l'inclinaison des tubes est assez forte, les raccords sont exposés à s'obstruer du côté de l'alimentation.

Dans les chaudières Belleville, et dans celles où les tubes débouchent dans des collecteurs ou dans des caisses entretoisées, ils sont directement et aisément ac-

cessibles par des ouvertures pratiquées en face d'eux, et fermées à l'aide de tampons, autoclaves ou non autoclaves.

*Bouchons autoclaves et non autoclaves.* — Les bouchons non autoclaves, notamment ceux qui sont retenus sur leur siège par une ancre intérieure, au moyen d'un boulon, sont plus exposés aux fuites à chaud que les bouchons autoclaves; ils ont, en outre, l'inconvénient de pouvoir être projetés avec force, en cas de rupture de l'attache. Dans les chaudières Collet, on a disposé, pour empêcher cette projection, des barrettes de sûreté en fonte, dont chacune agit sur deux bouchons voisins. On évite d'ailleurs les accidents de ce genre en donnant aux boulons de serrage des dimensions largement calculées, et en les fabriquant en fer ou en acier d'excellente qualité; il faut bien se garder aussi de les serrer à chaud, et d'agir violemment sur eux à froid.

Les bouchons autoclaves sont préférables aux précédents, au point de vue de la sécurité; de plus, leur étanchéité augmente avec la pression. Souvent, ce sont des tampons ordinaires à recouvrement intérieur, avec joint formé par une rondelle d'amiante ou de caoutchouc. Mais on leur substitue parfois, avec juste raison, des disques en forme de cône renversé, faisant joint métallique sur l'ouverture correspondante, sans interposition d'aucune matière; on en trouve des applications dans les chaudières Roser, Maniguet, etc. Ces deux modes de fermeture peuvent encore être améliorés par la substitution d'une sorte de godet extérieur à l'ancre de serrage du boulon; dès lors, si le joint vient à fuir, on peut, pendant la marche même, enlever l'écrou et le godet, mettre à celui-ci une rondelle de caoutchouc ou une couche de peinture au minium, le replacer sur son siège, le serrer au moyen de l'écrou et aveugler ainsi la fuite.

La chaudière Hanrez possède des autoclaves qui participent des deux systèmes précédents. L'écrou du boulon de serrage du disque à recouvrement intérieur, au lieu d'appuyer sur une ancre ou sur un petit godet, agit sur un second disque extérieur, présentant une nervure circulaire à profil en forme de coin. Cette nervure s'engage entre la paroi de l'orifice et un prolongement en relief du disque interne, et assure par son enfoncement entre l'une et l'autre une étanchéité d'autant plus complète que le serrage du boulon est plus énergique. Cette étanchéité résulte à la fois du contact du disque intérieur sur son siège, et de l'introduction de la nervure circulaire entre le prolongement de ce disque et le bord de l'ouverture.

*Nettoyage extérieur des tubes.* — Il importe aussi que les tubes soient nettoyés de temps à autre à l'extérieur. Ce nettoyage se fait plus ou moins aisément, suivant que le faisceau tubulaire est accessible par l'une de ses extrémités ou seulement par les côtés.

Lorsqu'il est accessible par l'avant ou par l'arrière, on enlève les dépôts qui adhèrent à l'extérieur des tubes en passant simplement dans leurs intervalles une

brosse en crin ou en métal montée sur une tringle de longueur convenable, ou en faisant usage d'une lance à vapeur. On peut opérer de cette manière dans les chaudières Belleville, Lagosse, Terme et Déharbe, etc. Mais, lorsque les tubes débouchent dans des boîtes qui forment à leurs extrémités des parements continus, dans des collecteurs jointifs ou dans des caisses entretoisées, le nettoyage par l'avant ou l'arrière devient impossible, à moins que le faisceau ne soit disposé presque verticalement, comme dans la chaudière Haurez; il faut alors, ou bien pratiquer dans le fourneau des baies latérales, ce qui interdit le montage des générateurs par batteries continues, tout en présentant peu de commodité pour le travail, parce que les dimensions des ouvertures ne permettent généralement pas d'atteindre facilement toutes les parties de la surface de chauffe, ou bien opérer le nettoyage en pénétrant dans le foyer, ce qui est une opération pénible, et ayant par suite chance d'être imparfaitement exécutée, sans compter que les cloisons des retours de flammes s'opposent souvent à un nettoyage complet. Or, les suies et les cendres qui s'attachent aux tubes sont très mauvaises conductrices de la chaleur et favorisent l'altération du métal; il importe donc de pouvoir s'en débarrasser facilement, même en pleine marche, et on devra préférer, à ce point de vue, les types qui donnent accès au faisceau par l'une au moins de ses extrémités.

#### ÉCONOMIE DANS L'ENTRETIEN ET FACILITÉ DES RÉPARATIONS

*Coups de feu.* — Les avaries les plus à craindre dans les générateurs à petits éléments, spécialement dans ceux où le niveau de l'eau se trouve à l'intérieur du faisceau tubulaire, sont les coups de feu occasionnés par une alimentation insuffisante, par des obstructions locales, par une accumulation de dépôts sur certaines parties des surfaces de chauffe ou par un chauffage trop énergique. On les évitera en apportant des soins particuliers à l'alimentation et à la conduite du feu, en surveillant le niveau d'eau et le fonctionnement des pompes ou des injecteurs, en s'assurant de temps à autre de l'état des conduites d'amenée de l'eau, et en procédant à des nettoyages fréquents et complets du faisceau tubulaire. Si les eaux dont on dispose sont quelque peu impures, il ne faudra pas hésiter à les épurer au préalable dans des appareils spéciaux, car la précipitation des sels calcaires dans la vapeur à haute pression produirait alors un effet insuffisant. Dans tous les cas, il ne faut jamais faire usage de désincrustants solides et volumineux, parce qu'il pourrait en résulter des obstructions.

*Chevilles en métal fusible.* — Pour éviter cette catégorie d'accidents, les chaudières Belleville sont pourvues de chevilles en métal fusible; leur fusion prévient de l'abaissement de l'eau ou de l'obstruction d'un élément avant qu'une avarie soit possible; l'attention du chauffeur est ainsi appelée en temps utile sur les points où elle est nécessaire.

*Liberté des dilatations.* — Il faut aussi s'attacher à ce que les parties exposées à l'action de la chaleur puissent, autant que possible, se dilater librement dans tous les sens, afin que les écarts de température, dans les diverses régions de l'appareil, n'occasionnent pas des dislocations, des fuites ou des ruptures.

Les dilatations contrariées sont une des principales causes de destruction des chaudières ordinaires, dont les différentes parties sont toujours inégalement chauffées. Les refroidissements qui se produisent, lors de l'ouverture des portes du foyer, par l'entrée subite d'un grand volume d'air froid y occasionnent souvent des contractions funestes à la conservation des assemblages et des tôles elles-mêmes, qui se criquent à la longue, au grand détriment de leur résistance.

Cet effet est également à redouter dans les chaudières multitubulaires, surtout dans celles où la circulation est peu active, et où les tubes sont longs et assemblés aux deux bouts à des pièces très rigides, telles que des caisses en tôle, ou même des collecteurs en fonte ou en fer. Les différences dans les dilatations peuvent alors entraîner la déformation des tubes ou leur dessertissage. La chaudière Belleville est peu sujette à ce genre d'avaries; chacun de ses éléments, composé de deux séries de tubes assez courts, inclinés en sens inverses dans des plans verticaux très rapprochés, et réunis à l'avant et à l'arrière par des boîtes horizontales, le tout formant un serpentín continu, constitue une sorte de ressort très élastique qui se prête aussi bien que possible au libre jeu des allongements et des contractions, si fréquents en cours de service. Ces éléments reposent d'ailleurs, à l'arrière, sur des galets qui augmentent encore leur faculté d'extensibilité.

La liberté des dilatations est aussi convenablement assurée dans les chaudières où les tubes peuvent jouer en longueur à l'une de leurs extrémités, par exemple dans les chaudières Terme et Déharbe, Collet, Bourgois et Lencauchez.

Elle l'est moins bien dans celles où les tubes sont reliés aux deux bouts par des boîtes et des communications. Cependant, le système présente encore, dans ce cas, une certaine élasticité, que l'on a cherché à augmenter, dans la chaudière Root, en profilant en forme de bourrelet les petits tubes en fer biconiques intercalés entre les boîtes et les communications.

Enfin, on ne peut combattre l'inconvénient des dilatations contrariées, lorsque les tubes débouchent aux deux extrémités dans des collecteurs ou des caisses rigides, qu'en suspendant l'appareil entier à des poutres ou à des châssis indépendants de la maçonnerie, ou encore en le faisant reposer d'un côté sur des galets; mais, si l'on peut de cette manière lui permettre de se dilater ou de se contracter dans son ensemble, on est impuissant à empêcher les altérations locales, et notamment celles qui sont la conséquence de l'inégale dilatation des tubes.

*Proscription de l'emploi de la fonte ordinaire.* — Il est prudent de proscrire la fonte ordinaire de toutes les parties qui sont soumises à des températures élevées et brusquement variables. Son emploi est officiellement interdit

dans plusieurs pays. En France, il tend à disparaître, même dans les collecteurs servant à réunir les tubes d'un même élément. C'est ainsi que, dans les types récents des chaudières Babcock, Roser, Montupet, etc., ces collecteurs sont en fer fondu ou forgé. Le nombre des ruptures, résultant de l'inégalité des dilatations et des variations de température, est ainsi fortement diminué.

*Épaisseur des tubes.* — Quant à l'épaisseur des tubes, il faut qu'elle soit assez forte pour offrir une sécurité complète et laisser une certaine marge aux corrosions et à l'usure. L'épaisseur de 5 millimètres, pour un diamètre de 0<sup>m</sup>,10, doit être regardée comme satisfaisante. Elle se prête encore à une facile transmission de la chaleur au travers du métal.

*Vidange complète des chaudières avant leur mise en chômage.* — Une précaution indispensable dans la pratique consiste à vider complètement les chaudières lorsqu'on les met en chômage, afin d'éviter les corrosions locales que le séjour prolongé de l'eau y produirait. Pour que la totalité du liquide puisse s'en écouler, il faut nécessairement que les tubes possèdent une certaine inclinaison et ne soient pas complètement horizontaux.

*Avantage des tubes et éléments interchangeables.* — Les réparations sont rendues relativement faciles et rapides, dans les générateurs multitubulaires, par le fait que les tubes et les éléments y sont interchangeables. Dans certains cas, on peut ajourner une réparation devenue nécessaire en supprimant temporairement le tube ou l'élément qui laisse à désirer, et en fermant les ouvertures ainsi produites par des obturateurs ou des joints pleins.

*Variétés diverses de joints.* — La nature des joints influe aussi sur la facilité des réparations. Il est bon qu'ils puissent se démonter rapidement, mais il ne faut pas trop sacrifier à cet avantage, car il est indispensable, avant tout, qu'ils soient assez solides pour résister, sans fuites, à la pression intérieure et aux poussées résultant de l'inégalité des dilatations.

Dans la chaudière Belleville, on s'est préoccupé surtout de la solidité des assemblages : les tubes et les boîtes y sont raccordés par des joints à vis assujettis par des manchons et des contre-bagues ; le démontage des tubes ne peut alors s'opérer qu'en coupant au burin les manchons et les bagues qui les relient au reste de l'élément ; on a, toutefois, adopté le joint à emboîtement conique pour le rattachement des serpentins aux collecteurs de vapeur et aux distributeurs d'eau d'alimentation. Ce dernier joint est très usité dans les chaudières où les tubes sont reliés par des boîtes et des communications, à l'effet d'assembler les unes aux autres. Il existe notamment dans les chaudières de Naeyer, Lagosse et Root. On le retrouve encore dans la chaudière Collet ; là, il sert à réunir les tubes bouilleurs aux collecteurs d'avant et aux boîtes d'arrière ; le serrage est obtenu au moyen d'un long boulon allant d'une extrémité à l'autre de chaque tube, et servant en même temps

à maintenir les bouchons de nettoyage situés à ses deux extrémités; la grande longueur de ces boulons, et leur différence de dilatation par rapport aux tubes bouilleurs qui les entourent, tendent à augmenter leur serrage à chaud, ce qui peut produire un léger enfoncement des portées coniques des extrémités des tubes dans les collecteurs et dans les boîtes d'arrière, et par suite occasionner des fuites lorsque le générateur se refroidit. Dans la chaudière Bouron, le long boulon est remplacé par le tube directeur lui-même, qui présente alors des trous à ses deux extrémités pour la circulation de l'eau; cette disposition a donné lieu à plusieurs accidents dus à la solidité insuffisante du tirant. Il convient enfin de citer le joint à emboîtement conique Terme et Deharbe, serré au moyen d'un boulon à ancre dont les branches s'accrochent au tube correspondant, qui présente à cet effet deux trous opposés, et dont l'écrou agit sur le bouchon non autoclave du collecteur ou de la boîte auxquels ce tube aboutit.

Le joint Bérendorf est très usité, comme je l'ai déjà dit, pour le montage des tubes de retour de flammes. Il est prudent, lorsque ces tubes sont mis en place, de consolider leurs joints coniques, ce qu'on peut faire au moyen d'un boulon dont l'écrou vient presser directement ou par l'intermédiaire d'une ancre sur une surface fixe. Cette disposition se remarque dans la chaudière Roser et dans la chaudière Maniguet. Dans la chaudière Bourgeois, type présenté à l'Exposition, l'emboîtement conique des tubes existe sur le barillet d'avant et sur les boîtes d'arrière; celles-ci sont en même temps fixées aux tubes à l'aide de boulons.

Le plus généralement, lorsque les tubes débouchent dans des collecteurs ou dans des caisses, ils sont solidement serti au moyen de l'outil Dudgeon ou de tout autre apte à produire un mandrinage énergique; parfois, on en rabat les extrémités au bec-d'âne pour produire un bourrelet qui améliore encore le joint. Dans la chaudière Charles et Babillot, les tubes sont, par exception, rivés aux boîtes à la façon ordinaire.

## PRODUCTION DE VAPEUR SÈCHE

*Dispositifs servant à obtenir de la vapeur sèche.* — La vapeur engendrée dans les chaudières à circulation rapide renferme une notable quantité d'eau entraînée; cet inconvénient est d'autant plus accentué que la rapidité de la circulation est plus grande; on a donc dû imaginer des dispositifs spéciaux pour le faire disparaître.

On y est parvenu, dans la chaudière Belleville, à l'aide d'un épurateur de vapeur à action centrifuge. Dans le type 1877, le courant de vapeur et d'eau vient frapper une cloison directrice courbe qui détermine, avec la paroi du réservoir de vapeur, un conduit circulaire dans lequel passe le produit de la vaporisation; la vitesse du courant et la forme circulaire du conduit qu'il est obligé de parcourir donnent lieu à une action centrifuge qui sépare la vapeur des vésicules d'eau et

des autres corps étrangers qu'elle entraîne ; cette eau et ces corps denses se rendent à la partie inférieure du réservoir, où ils se mélangent avec le courant continu d'eau d'alimentation. Ce mode d'essorage convient bien à l'état de grande division dans lequel se trouve l'eau entraînée. La prise de vapeur se fait ensuite au moyen d'un tube diviseur, après quoi la vapeur passe dans le serpentin sécheur situé sous le plafond supérieur du fourneau.

Dans le type 1889, on a remplacé le circuit unique précédemment affecté à l'épuration par des circuits multiples dans lesquels la vapeur se dépouille successivement de l'eau entraînée par action centrifuge ; elle subit en même temps, en passant de l'un à l'autre, des changements brusques de direction qui favorisent cette séparation. L'effet ainsi produit est très complet, si complet qu'on n'a pas craint de faire passer les jets fluides sortant des éléments au travers du courant d'eau alimentaire, pour y produire une agitation favorable à la précipitation des dépôts calcaires, de sorte qu'en réalité, on fait précéder d'une forte addition d'eau l'opération du séchage de la vapeur, ce qui peut paraître étrange en principe, et n'est acceptable qu'en raison de la perfection de l'épurateur.

Dans la plupart des autres systèmes de chaudières, les réservoirs d'eau supérieurs offrent une grande surface libre de liquide au dégagement des bulles de vapeur, mais cette surface est peu distante du robinet de prise ; de plus, l'ébullition tumultueuse favorise les entraînements d'eau. Pour éviter ce dernier effet, on fait parfois déboucher au-dessus du plan d'eau les collecteurs verticaux ou inclinés qui amènent la vapeur ; chacun d'eux lance alors sa gerbe dans un égouttoir ou contre la paroi d'un coffre dans lequel s'opère la séparation mécanique de l'eau et de la vapeur ; ces dispositions ont été adoptées dans les chaudières Bourgeois et Montupet. Dans tous les cas, on place la sortie de la vapeur aussi loin que possible de son arrivée, quelquefois dans un dôme, et on l'assèche en la faisant circuler entre des chicanes, ou en la faisant passer, à la sortie, dans un tube diviseur.

Dans la chaudière Maniguet, la vapeur, prise à la partie supérieure d'un dôme, traverse un détendeur, puis revient dans le réservoir par un gros tube incliné de l'arrière vers l'avant, et à l'extrémité arrière duquel se trouve la tubulure où est monté le robinet de prise ; de cette façon, le mélange d'eau et de eurvap pris au dôme est d'abord laminé par la soupape du détendeur, puis chauffé à l'intérieur du gros tube, dont la température est inférieure à celle du réservoir d'une quantité qui dépend de la différence de pression des deux milieux ; cette double action produit, à ce qu'il paraît, de la vapeur bien sèche.

Les sècheurs de vapeur que l'on adjoint souvent aux générateurs multitubulaires ne sont jamais soumis à une très haute température ; ils ne doivent donc pas être considérés comme des surchauffeurs. Il est bon qu'il en soit ainsi, car les avantages théoriques du surchauffage sont largement compensés, dans la pratique, par l'augmentation des refroidissements et des frottements, et par les chances de grippement des surfaces frottantes et de destruction des garnitures ;

il est donc préférable de se borner à sécher la vapeur, pour éviter les entraînements d'eau aux cylindres des machines, ou tout au moins à la surchauffer modérément. Ajoutons enfin qu'une température exagérée exposerait les sécheurs à une usure trop rapide.

### RÉGULARITÉ DE MARCHE

*Difficulté particulière aux chaudières à petits éléments. Organes automatiques d'alimentation et de tirage.* — La difficulté d'obtenir une marche parfaitement régulière, surtout lorsque la dépense de vapeur est variable, constitue le principal point faible des chaudières à petits éléments. Il faut en surveiller de très près l'alimentation et la conduite du feu pour obtenir une pression et un niveau d'eau constants. On peut y remédier, dans une certaine mesure, en augmentant les dimensions des réservoirs d'eau et de vapeur, et en se procurant ainsi un volant de chaleur qui diminue les écarts de pression et restreint les variations du niveau d'eau ; mais cette solution est en contradiction avec le principe de sécurité qui est l'une des principales raisons d'être des chaudières à petits éléments. Mieux vaut encore, à mon avis, accepter franchement les inconvénients de la faible réserve d'eau, et chercher à les combattre par l'emploi d'organes automatiques analogues à ceux qui rendent tant de services dans la chaudière Belleville. On est déjà entré dans cette voie : c'est ainsi que dans le type Bourgois et Lencauchez, un flotteur commande un piston régulateur qui envoie la vapeur motrice à la pompe servant à l'alimentation du générateur.

*Détendeurs de vapeur.* — Lorsque le travail industriel à accomplir exige une pression déterminée, il est bon d'avoir recours à un détendeur qui fixe cette pression d'une manière invariable, tout en maintenant dans le générateur une pression élevée, favorable à la précipitation des dépôts calcaires.

### RAPIDITÉ DE MISE EN PRESSION

*Temps nécessaire pour la mise en pression.* — La rapidité de mise en pression résulte du volume très réduit de l'appareil, et surtout de la faible quantité d'eau qu'il renferme. Dans les générateurs Belleville, où cette quantité est réduite au minimum, il suffit de 15 à 20 minutes pour atteindre la pression de marche ; c'est un avantage qui, dans maintes circonstances, présente une importance considérable.

### ÉCONOMIE DANS LE PRIX DE PREMIER ÉTABLISSEMENT

*Comparaison avec les autres types de chaudières.* — Les générateurs à petits éléments coûtent généralement, à surface de chauffe égale, autant que les chaudières tubulaires, et un peu plus que les chaudières ordinaires à bouilleurs

et à réchauffeurs ; mais si l'on tient compte de l'économie qu'ils permettent de réaliser sur la place, la maçonnerie des fourneaux, la construction des bâtiments, les transports et les manutentions, on peut dire qu'ils offrent le plus souvent la solution la moins onéreuse, surtout si l'on remarque qu'ils permettent l'emploi des hautes pressions, qui entraînerait dans les chaudières ordinaires des augmentations de poids considérables.

*Durée.* — Quant à la durée, il est difficile d'établir des comparaisons, à cause du peu d'ancienneté de la plupart des types de chaudières multitubulaires. Cependant, je connais des batteries de chaudières Belleville qui fonctionnent depuis une vingtaine d'années ; c'est d'un bon indice, et j'ajoute que la facilité relative avec laquelle leurs pièces peuvent être remplacées leur assure une existence presque indéfinie, par suite du renouvellement successif de leurs diverses parties.

*Résumé.* — Finalement, les générateurs à tubes d'eau, quand ils sont bien conçus et bien construits, peuvent présenter une supériorité incontestable au point de vue de la sécurité, de l'économie de combustible, de l'économie de poids et de place, de la facilité de montage et de la rapidité de mise en pression. Ils se prêtent parfaitement à l'emploi des hautes pressions et peuvent être disposés de manière à produire de la vapeur bien sèche. Leur prix de premier établissement n'est pas excessif, et ils sont en général assez faciles à entretenir et à réparer. Toutefois, les nombreux types qui se disputent la faveur du public présentent des dispositions variées, les unes satisfaisantes, les autres critiquables ; il appartient à l'acheteur d'en peser les avantages et les inconvénients pour fixer sa préférence. Mais il ne doit jamais perdre de vue que les chaudières à tubes d'eau doivent être ménagées, et comportent des soins particuliers en ce qui concerne l'alimentation et la conduite du feu, sous peine de voir des accidents se produire ; il doit aussi porter son attention sur la qualité de l'eau alimentaire, ne pas hésiter à l'épurer dans des appareils spéciaux si elle est quelque peu chargée de sels et de matières étrangères, et veiller à ce que le faisceau tubulaire soit fréquemment et soigneusement nettoyé. A ces conditions, les chaudières à petits éléments, si elles sont d'un bon système — et il en existe — et si leur construction a été soignée, ne donneront pas lieu à des mécomptes.

*Emploi dans la marine.* — Dans la marine, spécialement dans la marine militaire, les qualités de ces appareils sont particulièrement précieuses. Les anciennes chaudières, vu leurs grandes dimensions et les efforts énormes qu'elles ont à supporter, ne peuvent être que très difficilement armées de manière à résister à la haute pression qu'exigent les machines compound, dont l'usage se répand de plus en plus, en raison de l'économie de vapeur et des autres avantages qu'elles procurent ; de plus, l'explosion d'une de ces chaudières entraînerait pres-

que infailliblement la perte du bâtiment. Les chaudières à petits éléments donnent, au contraire, une grande sécurité; dans le cas même où elles viendraient à être traversées par un projectile ennemi, il n'en résulterait qu'un écoulement de fluides sans grande importance et sans effets dynamiques. Elles permettent, en outre, de réduire la consommation de charbon par kilogramme de vapeur, et par suite de ménager les approvisionnements. Leur prompté mise en pression donne toute facilité pour les départs rapides et les changements d'allure du navire; leur légèreté est très avantageuse, en ce qu'elle vient atténuer les inconvénients du poids considérable de l'artillerie et des blindages; enfin, leur faible volume économise la place et permet soit d'améliorer les aménagements, soit d'augmenter les approvisionnements du bâtiment en combustible, en munitions ou en vivres

*Statistique des accidents survenus dans l'emploi des générateurs à petits éléments.* — Pour résumer les résultats obtenus dans l'emploi des générateurs à petits éléments, en ce qui concerne la sécurité, j'ai relevé sur les statistiques officielles, à partir de l'année 1870, les accidents auxquels ils ont donné lieu, et qui ont été l'objet de rapports administratifs.

De 1870 à 1875 (6 ans), il ne s'en est pas produit un seul.

De 1876 à 1888 (13 ans), leur nombre a été de 14, dont 2 en 1886, 5 en 1887 et 1 en 1888; ils ont occasionné la mort de 8 ouvriers et des blessures à 14 autres, soit en tout 22 victimes.

Relativement à leurs causes, ils se répartissent de la manière suivante :

NATURE DES CAUSES	Nombre d'accidents	Nombre de victimes		
		Tués	Blessés	
Coups de feu {	par défaut d'alimentation . . . . .	2	2	1
	par obstruction provenant de dépôts incrustants. . . . .	3	»	1
	par chauffage trop énergique . . . . .	2	1	1
Vices de construction . . . . .	2	1	2	
Épaisseur insuffisante de tubes sécheurs par suite de corrosion, d'usure, etc . . . . .	3	3	3	
Rupture d'attaches de bouchons non autoclaves . . . . .	2	1	6	
Ensemble	14	8	14	

Je n'ai pas compris dans ce tableau 7 explosions (1 mort et 14 blessés) de chaudières Field, que je ne considère pas comme se rattachant au groupe des générateurs à petits éléments. Les conclusions qu'on peut en tirer cadrent parfaitement avec l'exposé que je viens de faire. Elles montrent une fois de plus

qu'il est urgent de veiller à l'épuration des eaux d'alimentation, à la marche des pompes ou des injecteurs qui servent à les introduire dans les chaudières, et à la conduite du feu. Elles justifient la préférence à donner aux bouchons autoclaves, et montrent que l'épaisseur des tubes doit être déterminée en prévision des conséquences de l'usure et des corrosions.

Je dois faire remarquer, en outre, que quatre des accidents dont il s'agit n'auraient eu que des suites insignifiantes et n'auraient pas atteint le personnel si les portes des boîtes à tubes et des foyers avaient été solidement loquetées et fermées pendant le travail. Cette simple précaution aurait diminué de 4 le nombre des morts et de 3 celui des blessés ; aussi, la circulaire ministérielle du 14 août 1888, relative aux conditions à imposer en cas de tolérance d'emplacement pour les chaudières multitubulaires, a-t-elle spécifié une prescription libellée comme il suit : « Les portes des boîtes à tubes seront tenues fermées pendant le travail ; celles du foyer le seront habituellement ; le système de fermeture présentera des garanties de solidité. » On ne saurait trop recommander aux industriels de se conformer à cette règle, dont l'inobservation a eu des conséquences si funestes. »

Dans tous les cas, aucun accident de chaudière à petits éléments n'a produit d'effets dynamiques appréciables ; sous ce rapport, le but poursuivi a été atteint de la manière la plus complète.

Le nombre des accidents croît naturellement avec celui des appareils en activité ; c'est une des raisons qui expliquent l'augmentation afférente à 1887. La statistique de 1888 dénote, il est vrai, une situation meilleure, mais les renseignements que je possède sur l'année 1889 me permettent de dire que les résultats n'en seront pas plus favorables que ceux de 1887. Dès lors, il faudrait compter annuellement, en moyenne, sur environ 3 ou 4 accidents de générateurs multitubulaires, ce qui représente à peu près  $\frac{1}{10}$  du total des explosions connues de chaudières et de récipients de vapeur. Or, il existait en France et en Algérie, à la fin de 1887, en dehors de la marine militaire, 81506 chaudières et 23972 récipients en activité : en tout 105478 appareils. Pour que la proportion des accidents ne fût pas plus forte pour les chaudières à petits éléments que pour les autres appareils, il faudrait que leur nombre fût de 10548 ; comme il est très inférieur à ce chiffre, et qu'il n'en atteint même pas le tiers, on est amené à conclure que ces chaudières sont plus sujettes que d'autres aux accidents. En d'autres termes, leur moindre importance individuelle serait compensée, dans une certaine mesure, par leur fréquence plus grande. Peut-être serait-il excessif d'énoncer cette règle d'une manière absolument affirmative, et il faudrait surtout se garder de contester à ces appareils, pour ce motif, le caractère de générateurs de sécurité, puisqu'ils n'ont jamais donné lieu qu'à des fuites d'eau et de vapeur, sans projections ni danger pour les alentours ; mais il faut, du moins, tirer de cet exposé la conclusion que ces types de chaudières

comportent une surveillance très attentive de leur état d'entretien, et des soins particuliers pour leur conduite journalière.

*Chaudière Serpollet.* — Avant de terminer, je tiens à dire quelques mots d'un nouveau générateur, dont le volume est aussi réduit que possible, et dans lequel l'eau se vaporise instantanément, au fur et à mesure de son introduction : je veux parler de la chaudière Serpollet.

De nombreuses tentatives ont été faites autrefois pour créer des générateurs industriels à vaporisation instantanée ; c'est dans cette voie que M. Belleville a commencé ses premiers essais en 1850. La principale difficulté contre laquelle on avait à lutter résidait dans la haute température à laquelle les tubes devaient être portés à l'état sec ; cette température s'élevait fréquemment au rouge ; de plus, pendant les arrêts de la machine, les tubes étant vides d'eau et ne dépensant plus de chaleur, atteignaient en quelques minutes le rouge blanc, ce qui amenait leur destruction rapide ainsi que la dislocation des joints.

Ces défauts n'existent plus dans la chaudière Serpollet. Son principe consiste à faire passer l'eau à vaporiser à l'intérieur de tubes d'acier, de fer ou de cuivre, à parois épaisses, qui ont été aplatis par laminage de manière à transformer leur section intérieure en une simple fente de largeur à peine appréciable,  $\frac{1}{10}$  à  $\frac{3}{10}$  de millimètre environ.

Ces tubes, enroulés en forme de colimaçon, sont placés au-dessus d'un foyer et chauffés vers 300° ; on y injecte de l'eau au moyen d'une pompe à l'une des extrémités de la spire ; elle ressort aussitôt à l'autre extrémité sous forme de vapeur surchauffée. On obtient donc ainsi un appareil qu'on pourrait presque appeler une chaudière sans eau. Aucune fermeture n'est interposée entre la chaudière et la machine qui utilise sa vapeur ; d'autre part, l'injection de l'eau est obtenue au moyen d'une pompe mue par la machine elle-même, et dont le débit règle la production de vapeur et l'allure de cette machine. Pour stopper, on arrête l'injection d'eau ; le mouvement cesse aussitôt faute de vapeur ; le générateur est à la fois sans pression et vide d'eau. Si l'on veut remettre en marche, il faut donner quelques coups de pompe sans que la machine tourne ; il se produit alors un peu de vapeur qui amorce son mouvement, après quoi l'alimentation et la marche se poursuivent par le jeu automatique de la pompe.

Les tubes peuvent être portés au rouge sans danger. A cette température anormale, la vapeur n'y éprouve que très peu le phénomène de la dissociation ; il n'y a presque pas d'usure interne par oxydation, même dans le cas des tubes d'acier ou de fer, et les sels calcaires, quand l'eau en renferme, sont réduits en une poudre impalpable qui paraît jouer le rôle d'un corps lubrifiant.

Avec ce générateur, il n'y a plus d'accidents à craindre, car les seules capacités intérieures appréciables sont les parties du tuyau d'arrivée de l'eau et du tuyau de vapeur comprises entre le serpentín et les parois du fourneau, lesquelles,

pour une machine d'un cheval, ne renferment que quelques centilitres. Il n'y aurait même pas de danger pour la sécurité si, la machine étant à l'arrêt au point mort, on forçait l'injection d'eau à la main, le serpentín étant porté au rouge.

Cet ingénieux appareil n'est encore que dans la période d'essais et n'a été appliqué que pour de faibles puissances ; pour activer de fortes machines, il faudrait employer à la fois plusieurs serpentins. Quant à la consommation de combustible, elle est relativement considérable et s'élève, d'après l'inventeur, à 4 kilogrammes environ par cheval et par heure ; mais, indépendamment de l'avantage de son faible volume, la chaudière Serpollet donne le dernier mot en matière de sécurité, et mérite, sous ce rapport, d'être signalée à l'attention du public et des industriels.

---

# APERÇU D'UNE ÉTUDE

SUR LE

## Rendement des Chaudières à Vapeur

PAR

A. HUET

INGÉNIEUR CIVIL

---

Je présente dans ce qui suit un aperçu de deux études sur le rendement de chaudières à vapeur qui ont été lues à l'Institut royal des Ingénieurs des Pays-Bas, dans les séances du 14 Juin 1888 et du 9 Avril 1889.

Un exemplaire de chacune des deux études a été présenté au Congrès de mécanique ; elles seront désignées dans cet aperçu par les numéros I et II.

Nous désignons par :

*a*, le nombre de kilogrammes de combustible brûlé par heure et par mètre carré de surface de grille.

*b*, le rapport de la surface de chauffe à la surface de grille.

*c*, le nombre de kilogrammes de vapeur produit par heure et par mètre carré de surface de chauffe.

*d*, le nombre de kilogrammes de vapeur obtenu par kilogramme de combustible, ou bien le rendement du combustible.

On peut évidemment écrire cette proportion continue :

$$\begin{array}{l} a : 1 \\ 1 : b \\ 1 : c \\ d : 1 \end{array}$$

en multipliant on aura :

$$a d = b c$$

ou bien

$$d = \frac{b c}{a},$$

relation qui exprime le rendement du combustible en fonction des trois valeurs principales qui entrent dans un projet d'une chaudière à vapeur.

On voit bien que le problème est tout à fait indéterminé et qu'on peut i ma-

giner un nombre illimité de chaudières qui, avec un rendement égal  $d$ , présentent des proportions de  $b$ ,  $c$ , et  $a$  tout à fait différentes.

Pour faire bien ressortir le caractère indéterminé de ce problème, nous avons rassemblé une statistique qui s'étend sur une très grande variété de chaudières, depuis la chaudière en tombeau de Watt, du siècle passé, jusqu'à la chaudière de torpilleur de date récente.

Les écarts des différentes valeurs de  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$  sont très grands ; nous les indiquerons ici par les limites extrêmes qui se sont rencontrées.

Combustible brûlé par heure et par mètre carré de surface de grille :

$a$  min. = 27,28 kilogrammes, chaudière à 3 bouilleurs de Marazeau.  
 $a$  max. = 468,60 » chaudière de torpilleur de Thornycroft.

Rapport de la surface de chauffe à la surface de grille :

$b$  min. = 11,52 kilogrammes, locomobile de Tuxford.  
 $b$  max. = 78,92 » chaudière verticale de Zambeaux.

Vapeur produite par mètre carré de surface de chauffe et par heure :

$c$  min. = 7,15 kilogrammes, chaudière à réchauffeur de Prouvost.  
 $c$  max. = 85,60 » chaudière de torpilleur de Thornycroft.

Kilogrammes de vapeur par kilogramme de combustible :

$d$  min. = 5,07 kilogrammes, chaudière à 3 bouilleurs de Pihet.  
 $d$  max. = 10,06 » chaudière de Schulz, Knautd.

Kilogrammes de vapeur produit par heure et par mètre carré de grille :

$ad = bc$  min. = 195,052, chaudière à 3 bouilleurs de Marazeau.  
 $ad = bc$  max. = 2797,542, chaudière de torpilleur de Thornycroft.

On voit clairement combien sont éloignées les limites extrêmes entre lesquelles oscille la solution du problème ; et ce qui est le plus remarquable, c'est qu'un rendement assez élevé a été réalisé avec des types de chaudières entièrement différents.

Un coup d'œil sur la liste des données expérimentales rassemblées dans les études présentées avec cet aperçu fait voir qu'un rendement de 8 kilogrammes de vapeur par kilogramme de charbon a été réalisé et surpassé dans toutes sortes de chaudières, dans lesquelles les valeurs respectives de  $a$ ,  $b$ ,  $c$  et  $d$  étaient entièrement différentes. Pour faciliter la revue de tous les résultats, ils ont été présentés dans un tableau graphique (voir l'étude I) dans lequel les abscisses donnent le nombre  $a$  de kilogrammes de combustible brûlé par heure et par mètre carré de grille et où figurent comme ordonnées les valeurs de  $b$ ,  $c$  et  $d$ .

Cette méthode a le grand avantage de faire ressortir d'une manière sûre et facile s'il y a une loi générale qui domine le problème. Mais il faut avouer que même la représentation graphique n'augmente pas la probabilité de l'existence d'une telle loi générale.

Il se pourrait cependant qu'en étudiant un type spécial exécuté dans des proportions différentes une règle plus ou moins générale se fit jour pour déterminer les conditions nécessaires pour obtenir toujours la valeur maximum de  $d$ .

Dans le but d'éclaircir cette partie de la question on a rassemblé dans un tableau graphique séparé (voir la planche de l'étude II) les résultats expérimentaux de deux types ; les chaudières à bouilleurs et les locomobiles.

Dans ce tableau, les abscisses représentent la valeur  $\frac{a}{b}$  c'est-à-dire le nombre de kilogrammes de combustible brûlé par heure et par mètre carré de surface de chauffe. Les ordonnées figurent le nombre  $c$  de kilogrammes de vapeur vaporisés par mètre carré de surface de chauffe.

Les résultats pour chaque type s'écartent encore d'une manière si notable qu'il n'est pas facile de tracer une droite qui représente la moyenne de tous les résultats pour chaque type.

L'angle de cette droite avec l'axe des abscisses aura pour tangente la valeur  $\frac{c}{a} = \frac{c'b}{a} = d$ , c'est-à-dire le rendement du combustible.

Si on trace cette droite pour les deux types : les chaudières à bouilleurs et les chaudières de locomobiles on trouve le rendement moyen de :

7,68 pour les locomobiles ;

6,2 pour les chaudières à bouilleurs.

Cette méthode semble propre à ouvrir la voie pour trouver des résultats tant soit peu définitifs sur la valeur économique des différents types de chaudières. Seulement il faut que les données soient beaucoup plus multipliées et qu'elles soient rassemblées pour tous les principaux types de chaudières.

Ces données sont dispersées jusqu'ici dans un grand nombre de livres ; l'auteur de cet aperçu en a recueilli un certain nombre et il sera heureux de recevoir de ses lecteurs bienveillants les données qu'ils auront sous la main avec l'indication exacte de la source dont elles proviennent.

En rassemblant ces données il ne faut pas s'étonner d'en trouver parfois qui semblent inexacts, parce qu'elles ne satisfont pas à la condition  $ad = bc$ . Parmi les données que l'auteur a rassemblées, la plupart s'écartaient plus ou moins de cette condition, et j'en ai trouvé quelques-uns dont les écarts étaient si notables qu'il fallait les désigner spécialement.

Cependant la nécessité de cette condition  $ad = bc$  est évidente en elle-même. Elle forme pour ainsi dire la pierre de touche des expériences que l'on fait, parce qu'elle permet de contrôler l'exactitude avec laquelle les observations ont été faites

## CONCLUSIONS

I. — Il est possible d'exprimer le rendement du combustible dans chaque chaudière à vapeur par la relation :

$$d = \frac{b \cdot c}{a},$$

dans laquelle signifient :

*a*, kilogrammes de combustible brûlé par heure et par mètre carré de grille;

*b*, rapport de la surface de chauffe à la surface de grille;

*c*, kilogrammes de vapeur produits par heure et par mètre carré de surface de chauffe;

*d*, kilogrammes de vapeur obtenu par kilogramme de combustible.

II. — Pour les différents types de chaudières les valeurs numériques de *a*, *b*, *c* et *d*, qu'il faut choisir de préférence pour établir un projet, sont contenues entre des limites maximum et minimum que l'on trouve par la statistique des chaudières employées jusqu'ici.

III. — Pour chaque chaudière les données expérimentales doivent être contrôlées par la relation :  $ad = bc$ .

IV. — Il est désirable de rassembler un grand nombre de données expérimentales pour chaque type de chaudière en particulier, afin d'en déduire avec une grande probabilité la valeur de *d* qui peut être obtenue dans la pratique.

V. — La représentation graphique des données statistiques doit être faite de manière que les abscisses représentent la valeur  $\frac{a}{b}$  et les ordonnées la valeur *c*. La courbe ou la droite qui peut être tracée comme moyenne de tous les résultats donne par son inclinaison la valeur de *d*.

VI. — Les comparaisons de ces inclinaisons qui représentent le rendement moyen des différents types fournira la solution du problème : lequel de ces types doit être considéré comme le plus propre à être adopté généralement pour autant que d'autres considérations le permettent.

# NOTICE HISTORIQUE

SUR

## **l'Épreuve des Chaudières à Vapeur**

PAR

**A. HUET**

INGÉNIEUR CIVIL

---

Richard Trevithick, ingénieur anglais d'un grand mérite, a inauguré l'emploi de la vapeur à haute pression, dont les dangers étaient estimés tels par James Watt, que celui-ci déclarait que Trevithick devait être pendu, ce qui heureusement n'a pas eu lieu.

Au contraire, on a voué récemment à sa mémoire une fenêtre commémorative dans l'abbaye de Westminster, où reposent aussi les cendres de James Watt, aux pieds de sa belle statue.

La mort a encore concilié ici des divergences d'opinion très accentuées. Maintenant la machine à haute pression de Trevithick travaille dans un accord fraternel avec la machine à basse pression de James Watt, dans la machine compound (synthèse remarquable de la thèse et de l'antithèse posées par Watt et Trevithick), que l'on doit aux efforts successifs de Jonathan Hornblower et Arthur Woolf.

La crainte des hautes pressions n'existait pas seulement en Angleterre. En France, l'année 1823 vit paraître un « Rapport à l'Institut de France (Académie des sciences), sur les avantages, sur les inconvénients, et sur les dangers comparés des machines à vapeur, dans les systèmes de simple, de moyenne et de haute pression, par une commission composée de Laplace, président ; de Prony, Girard, Ampère et Charles Dupin, rapporteur (Paris, Bachelier, 1823). »

A la page 42 de ce rapport on lit :

« 2° Nous proposons qu'on éprouve par le moyen de la presse hydraulique, la force de toutes les chaudières ; en faisant supporter à ces chaudières une pression de quatre à cinq fois plus grande que celles qu'elles devront supporter dans le jeu habituel de la machine, tant que la pression sera comprise entre deux et quatre atmosphères. Au-delà de ce terme la pression d'épreuve devra surpasser

autant de fois la tension habituelle qu'éprouve la vapeur, lors du jeu de la machine, que cette tension surpasse de fois la simple pression de l'atmosphère. »

Dans ce rapport, la pression dont il est question était la pression absolue. En désignant la pression « habituelle » en atmosphères par  $x$ , et la pression absolue « d'épreuve » par  $y$ , les règles données sont exprimées par :

$$y_1 = 5 x_1 \quad \text{et} \quad y_1 = x_1^2$$

En désignant par  $y$  et  $x$  les pressions « effectives » ou bien celles en dessus de l'atmosphère, on a :

$$\begin{array}{ll} y + 1 = 5 (x + 1) & y + 1 = (x + 1)^2 \\ y = 5 x + 4 & y = x^2 + 2 x \end{array}$$

Les deux règles sont représentées dans le diagramme qui accompagne cette étude, page 515.

Dans la pratique elles auraient donné les résultats qui suivent :

Pression habituelle effective	différences	Pression d'épreuve effective	différences		
$y = 5x + 4$	}	$x = 1$	1	$y = 9$	5
		» 2	1	» 14	5
		» 3	1	» 19	5
		» 4	1	» 24	11
$y = x^2 + 2x$	}	» 5	1	» 35	13
		» 6	1	» 48	15
		» 7	1	» 63	17
		» 8	1	» 80	19
		» 9	1	» 99	21
		» 10	1	» 120	23
		» 11	1	» 143	25
		» 12	1	» 168	

Ces exigences étaient énormes et, ce qui plus est, elles avaient un caractère progressif, comme on le voit par les différences.

La véritable signification de ces règles était la prohibition des hautes pressions et elles contenaient une démonstration claire de la crainte des graves dangers qu'on attendait de l'emploi des hautes pressions.

Il a fallu rabattre de beaucoup ces exigences et, le 22 mars 1843, une ordonnance a paru en France qui introduisait la nouvelle règle :

$$y = 3 x$$

$y$  et  $x$  désignent ici et dans toute la suite de cette notice, les pressions effectives d'épreuve et la pression effective habituelle, c'est-à-dire l'excès de ces pressions sur celle de l'atmosphère.

Quand on se souvient que la locomotive avait fait son entrée définitive dans le monde industriel en 1827, il faut bien reconnaître que l'ordonnance de 1843 était encore empreinte de la crainte des dangers de la vapeur à haute pression.

Le 20 décembre 1853 a paru en Belgique un arrêté royal qui introduisait les règles.

$$y = 2x \qquad y = 1\frac{1}{2}x$$

La première était la règle générale ; la seconde avait rapport à des chaudières tubulaires d'épaisseur réduite, mais qui étaient soumises à une épreuve annuelle.

Le 28 mai 1869, une nouvelle loi a été donnée dans les Pays-Bas ; l'arrêté royal du 24 septembre 1869, en exécution de cette loi, donnait les règles qui suivent :

Première épreuve :

$$\begin{array}{l}
 y = 2x \left\{ \begin{array}{l} \text{chaudières ordinaires . . . . . (c)} \\ \text{chaudières tubulaires . . . . . (b)} \\ \text{pour bateaux à voyageurs . . . . . (b)} \end{array} \right. \\
 y = 1\frac{1}{2}x \left\{ \begin{array}{l} \text{chaudières tubulaires . . . . . (b)} \\ \text{dans les autres cas . . . . . (a)} \\ \text{chaudières type Belleville . . . . . (a)} \end{array} \right. \\
 y = x + \frac{1}{2} \text{ minimum de pression d'épreuve.} \\
 y = x + 4 \text{ maximum } \quad \text{»} \quad \text{»} \\
 \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \text{pour chaudières (a) et (b).} \\
 y = x + 6 \text{ maximum de pression d'épreuve.} \\
 \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \text{pour chaudières (c).}
 \end{array}$$

Epreuves ultérieures :

$$\begin{array}{l}
 y = 1\frac{1}{2}x \text{ pour toutes les chaudières.} \\
 y = x + \frac{1}{2} \text{ minimum de pression d'épreuve.} \\
 y = x + 4 \text{ maximum de pression pour (a) et (b).} \\
 y = x + 6 \quad \text{»} \quad \text{»} \quad \text{» (c)}
 \end{array}$$

Cette réglementation peut paraître un peu compliquée ; ce qui mérite une remarque spéciale c'est l'application de la règle :

$$y = x + 4$$

dans une époque antérieure de vingt ans, lorsque l'application des hautes pressions dans les machines marines était encore bien rare. Il faut admettre que cette règle n'était pas très sévère pour les constructeurs.

En 1871, l'Allemagne a introduit les deux règles :

$$y = 1\frac{1}{2}x \quad \text{et} \quad y = x + 5$$

En 1880, la France a adopté les règles :

$$y = 2x \quad \text{et} \quad y = x + 6$$

En 1884, la Belgique a donné les règles :

$$y = 1\frac{1}{2}x$$

et pour les épreuves ultérieures :

$$y = 1\frac{1}{4}x$$

En 1888, l'Amirauté anglaise a donné comme règle générale :

$$y = x + 6,$$

avec cette restriction, que  $y$  ne pourra surpasser la pression qui soumet les tôles à une tension des  $\frac{4}{9}$  de la résistance à la rupture.

Toutes ces règles sont rassemblées dans le tableau graphique qui accompagne cette étude et dont une simple inspection fait voir d'une manière décisive combien les exigences ont diminué depuis le rapport de 1823, qui a donné l'initiative pour l'épreuve des chaudières par la pression hydraulique.

Evidemment la nécessité a amené cette modification dans l'opinion et l'on se demande si les exigences pourront encore descendre.

Il nous semble que non et on pourrait même dire que la règle

$$y = x + 4$$

qui est actuellement obligatoire dans les Pays-Bas, est la limite extrême qu'il ne faudrait certainement pas dépasser.

Mais quand on limite la pression d'épreuve maximum à

$$y = x + 4,$$

alors la règle

$$y = 2x$$

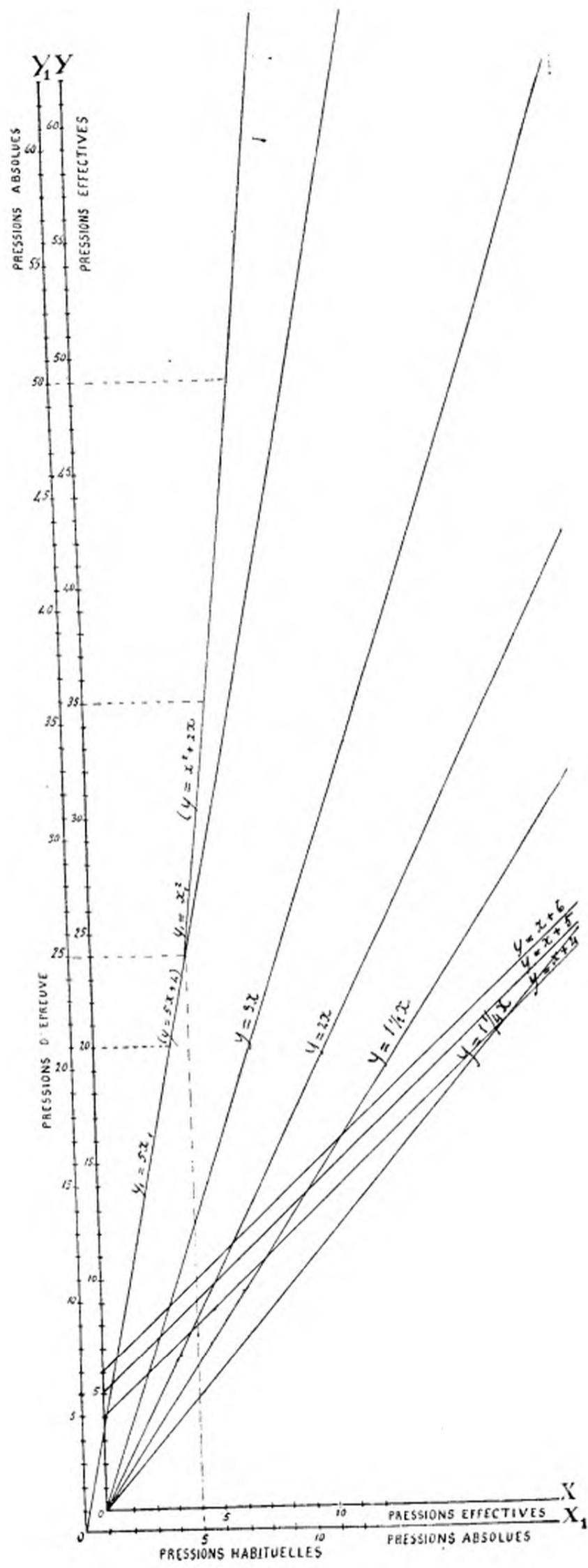
exige trop pour un grand nombre de chaudières et devrait être réduite à

$$y = 1\frac{1}{2}x$$

On pourrait donc adopter les deux règles :

$$y = 1\frac{1}{2}x \quad \text{et} \quad y_{\max} = x + 4$$

Le résultat pratique de l'emploi de ces deux règles serait comme it :



	Pression habituelle effective	différences	Pression d'épreuve effective	différences
	$x = 1$		$y = 1.5$	
$y = 1 \frac{1}{2} x$	2	1	3	1.5
	3	1	4.5	1.5
	4	1	6	1.5
	5	1	7.5	1.5
	6	1	9	1.5
	7	1	10.5	1.5
	8	1	12	1.5
	9	1	13	1
$y = x + 4$	10	1	14	1
	11	1	15	1
	12	1	16	1

Cette règle aurait le défaut de n'exiger aucune surcharge pour une pression effective = 0, c'est-à-dire pour les chaudières à basse pression comme les employait le célèbre James Watt.

On pourrait y remédier en substituant la pression absolue à la pression effective, ce qui donne

$$y_1 = 1 \frac{1}{2} x_1 \text{ et } y_1 = x_1 + 4$$

ou en substituant les pressions effectives  $y$  et  $x$

$$(y+1) = 1 \frac{1}{2} (x+1) \text{ et } y+1 = (x+1) + 4$$

ou bien :

$$y = \frac{1}{2} (3x+1) \text{ et } y = x + 4$$

Pour  $x = 0$  on aurait  $y = 1/2$ .

Mais la règle est plus compliquée, et l'on pourrait obtenir le même résultat en adoptant une pression d'épreuve minimum de

$$y = x + \frac{1}{2}$$

qui du reste ne servirait que dans des cas très rares.

L'ensemble des règles serait donc :

Pression d'épreuve minimum	. . . . .	$y = x + \frac{1}{2}$
»	» générale.	$y = 1 \frac{1}{2} x$
»	» maximum	$y = x + 4$

ou bien en chiffres :

	Pression habituelle effective	différences	Pression d'épreuve effective	différences
$y = x + \frac{1}{2}$	$x = 0$	1	$y = 0.5$	1
$y = 1 \frac{1}{2} x$	1	1	1.5	1
	2	1	3	1.5
	3	1	4.5	1.5
	4	1	6	1.5
	5	1	7.5	1.5
	6	1	9	1.5
	7	1	10.5	1.5
	8	1	12	1.5
$y = x + 4$	9	1	13	1
	10	1	14	1
	11	1	15	1
	12	1	16	1

Avec des exigences aussi réduites on ne voit pas la nécessité de rabaisser encore la limite pour les épreuves ultérieures ou bien pour les chaudières à tubes d'eau ou d'autres types qui pourraient être introduits.

Une chaudière quelconque doit certainement pouvoir subir la pression d'épreuve désignée pour être employée avec sécurité.

Mais le but de cette notice n'est pas de formuler une règle en plus de celles qui sont obligatoires dans les différents Etats; plutôt de fixer l'attention sur un « desideratum » de grand intérêt, c'est-à-dire *l'uniformité* des règles à employer dans les divers Etats.

Dans un grand nombre de cas une chaudière peut franchir la frontière de l'Etat où elle a été construite ou même employée pendant un certain temps.

Or, dans ce cas, les exigences auxquelles elle est soumise changent pour chaque frontière, et il serait très désirable que l'on put s'accorder sur une règle uniforme pour tous les Etats civilisés.

Ceci pourrait être obtenu par une conférence internationale composée de délégués des diverses nations, qui formeraient une règle générale pour tous les Etats qui auraient pris part à la conférence.

Si le Congrès de mécanique, auquel cette notice est adressée, pouvait faire faire un pas décisif dans cette direction, tous les fabricants de chaudières lui seraient bien obligés (1).

Il y a encore une observation de grand intérêt à faire sur ce sujet.

Lors même qu'on se serait mis d'accord sur la pression d'épreuve, il reste une incertitude quant à l'épaisseur minimum à donner aux tôles pour la partie cylindrique.

L'amirauté anglaise, sur la proposition de M. Sennett, a statué que la tension

1. Le temps n'a pas permis au Congrès de discuter cette question.

dans les tôles à la pression d'épreuve ne saurait dépasser les  $\frac{4}{9}$  de la tension de rupture.

On peut différer d'opinion sur ce nombre, mais une limite est certainement désirable.

La conférence proposée pourrait donc compléter son travail si utile en statuant une règle pour la limite de la tension dans les tôles des parties cylindriques à la pression d'épreuve.

C'est dans ce sens que je propose au Congrès de s'exprimer par exemple comme il suit :

« Le Congrès de mécanique appliquée exprime le vœu qu'un des états de l'Europe prenne l'initiative pour obtenir l'uniformité dans :

« 1° Les règles qui déterminent la relation entre la pression d'épreuve et la pression habituelle dans les chaudières à vapeur ;

2° La limite des tensions à admettre dans les tôles des parties cylindriques des chaudières à vapeur à la pression d'épreuve. »

Puisque c'est la France qui, par la commission de 1823, a inauguré l'emploi de l'épreuve hydraulique des chaudières qui depuis est généralement admise, il nous semble que de cet Etat pourrait partir l'invitation aux autres Etats pour régler cette matière d'un intérêt si général.

---

## NOTE SUR UNE CHAUDIÈRE A VAPEUR

(Système Rocour)

---

Notre système de chaudières est une combinaison de la chaudière tubulaire et de la chaudière Field avec une construction spéciale de la boîte à feu.

Pour réaliser les hautes pressions réclamées par les machines économiques modernes à triple expansion, etc., il faut ou augmenter démesurément les épaisseurs des tôles ou recourir soit aux chaudières à petits éléments tubulaires, soit à la chaudière de locomotive.

Aucune de ces chaudières ne nous paraît réunir simultanément les *desiderata* suivants :

- 1° Foyer et chambre de combustion entourés de parois mouillées ;
- 2° Division des flammes et gaz également et méthodiquement sur toute la surface de chauffe, de façon à donner à celle-ci la production économique de vapeur maximum ;
- 3° Possibilité du nettoyage interne et externe ;
- 4° Solidité — simplicité — légèreté de construction d'où résultent la sécurité et le bas prix ;
- 5° Bonne circulation — vapeur sèche.

Ces divers points sont réalisés par une extension d'application des tubes Field employés verticalement (bien que notre système puisse les utiliser aussi horizontalement).

Il est reconnu que la chaudière Field verticale bien proportionnée, est une très bonne chaudière dans les petites dimensions. La Société Cockerill l'a adoptée avec grand succès pour les locomotives d'usines à deux essieux.

Toutefois, quand le diamètre du foyer devient assez grand, la plaque tubulaire arrive à des épaisseurs peu pratique et même dangereuses si elle n'est pas soutenue par des entretoises spéciales. Ainsi, dans les bateaux transports Cockerill de la Meuse, cette épaisseur atteint 40 millimètres pour un timbre de 6 atmosphères.

De plus, la circulation de la flamme doit se faire plus ou moins horizontalement dans une partie du faisceau tubulaire pour arriver à la cheminée centrale, de sorte qu'une partie seulement de la surface du tube est léchée par la flamme.

Nous évitons cet inconvénient en disposant nos tubes Field symétriquement par 3, 4, 6 ou 8 (ou plus) autour de chaque tube à fumée d'un faisceau qui réunit, en formant autant d'entretoises, la plaque tubulaire Field à une deuxième plaque tubulaire fermant la chaudière vers le haut.

En adoptant le nombre de 8 tubes Field autour d'un tube à fumée, nous pouvons disposer les tubes à fumée en échiquier, de telle sorte qu'ils se présentent en rangées parallèles suivant deux directions perpendiculaires.

Entre chaque rangée on peut introduire les tubes Field, soit à la main, soit avec une pince spéciale et les fixer en place d'un coup de maillet. Il est facile aussi de nettoyer l'extérieur des tubes au moyen de grattoirs passés entre les rangées, quand on a soulevé le corps de chaudière au-dessus des plaques tubulaires auxquelles il est boulonné.

Les tubes à fumée sont sertis dans les plaques comme dans les locomotives, les trous des plaques étant un peu coniques et fraisés vers l'extérieur de telle sorte que le bout du tube rabattu dans la partie fraisée fait bourrelet d'entretoise.

On pourrait également fileter les tubes en tubes tirants comme dans les chaudières marines, mais nous ne le trouvons pas nécessaire.

Nous préférons les tubes étirés d'acier doux pour tubes à fumée comme présentant le plus de résistance et de ductilité simultanément.

Les petits tubes Field sont en fer ou mieux en cuivre ou en laiton. L'orifice présente un évasement tronconique correspondant exactement à l'alésage conique de la plaque tubulaire.

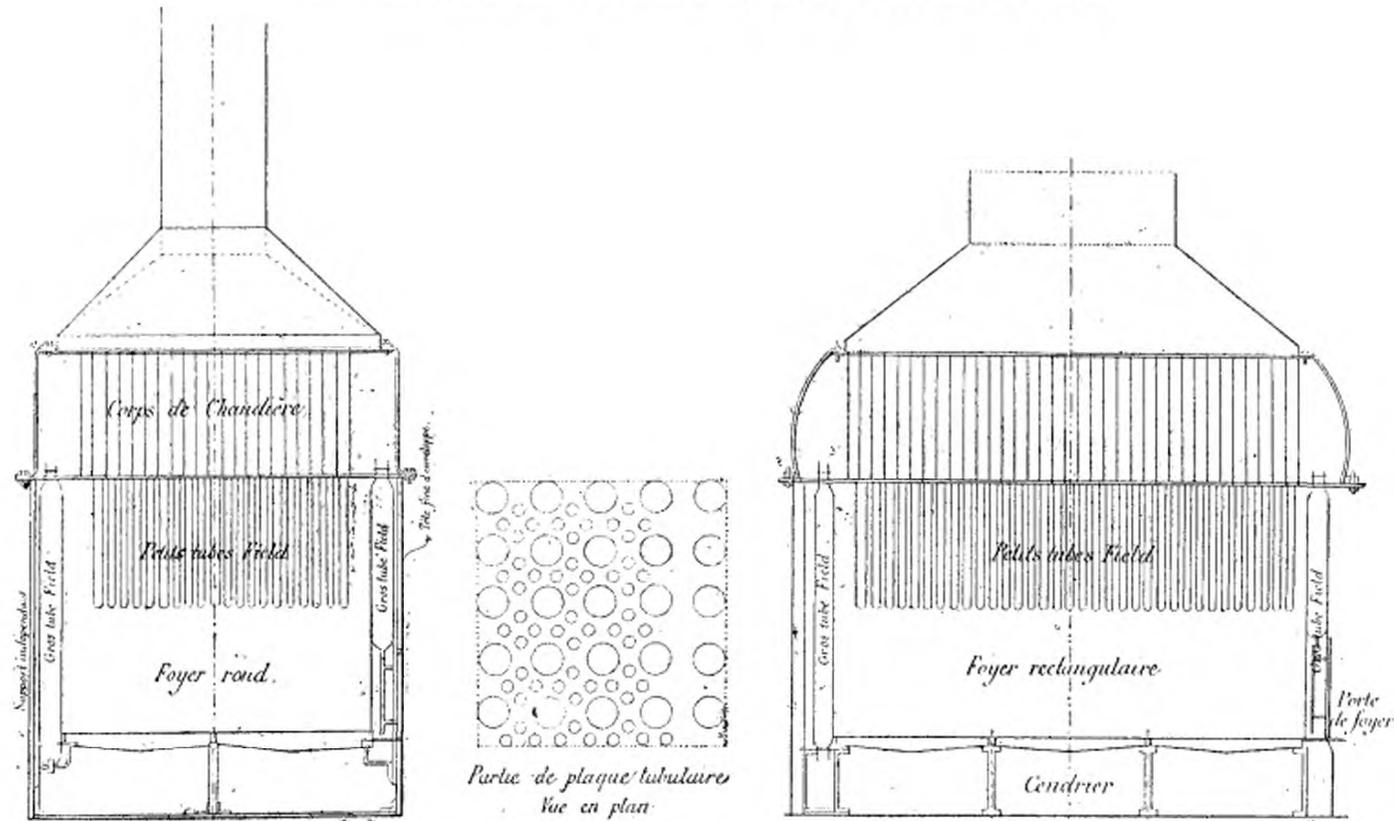
Avec des tubes à fumée de 48 millimètres intérieur, 54 extérieur, soit 3 millimètres d'épaisseur, nous employons des Field de 28 millimètres intérieur, 32 millimètres extérieur (2 millimètres d'épaisseur). L'écartement des tubes à fumée d'axe en axe est 105 millimètres. Dans ces conditions, une plaque tubulaire inférieure de 20 millimètres et une plaque supérieure de 15 millimètres permettraient une pression d'épreuves de 30 atmosphères.

Avec ces dimensions, nous avons trouvé que 0<sup>m</sup>,50 pour les tubes Field est une longueur convenable et 0<sup>m</sup>,55 également pour les tubes à fumée. Ce surplus de longueur de ceux-ci permet d'introduire ou de retirer un tube Field debout entre eux.

En estimant la surface de chauffe par l'intérieur pour les tubes à fumée et par l'extérieur pour les tubes Field, on voit que pour les dimensions ci-dessus (qui peuvent d'ailleurs être modifiées de diverses manières) on a pour surface tubulaire correspondant à  $0,105 \times 0,105 = 1,1$  décimètre carré de grille.

0 <sup>m</sup> ,55 de tube fumée . . . . .	=	8,3	décimètres carrés.
4 fois 0 <sup>m</sup> ,50 Field . . . . .	=	20,2	
		28,5	

MACHINES ET CHAUDIÈRES A VAPEUR, SYSTÈME ROCOUR



soit 23 mètres carrés de surface tubulaire par mètre de grille, proportion très convenable.

Si l'on admet que le niveau d'eau est maintenu à mi-hauteur du tube à fumée, on voit que :

$1/2$  de 8,3 décimètres carrés. = 4,15 décimètres carrés de surface de surchauffe.

et  $4,15 + 20,2 \dots \dots = 24,35$  de chauffe.

ou environ  $1/7$  de la surface tubulaire en surchauffe.

Mais la surchauffe ne se faisant qu'en dernier lieu, c'est-à-dire par des gaz très refroidis, ne présente aucun danger pour les tubes.

On peut toujours régler le niveau d'eau de façon à l'augmenter ou à la diminuer selon le *priming* observé.

La boîte du foyer est constituée par de gros tubes Field, de préférence en acier, posés jointivement de façon à limiter une grille circulaire ou rectangulaire par un ensemble de cloisons verticales ou inclinées, en quelque sortes cannelées. Ces tubes sont étranglés sur eux-mêmes comme l'est un goulot de bouteille, de façon à pouvoir être sertis, sans trop l'affaiblir, dans le pourtour de la plaque tubulaire Field.

Vers le bas, chaque tube présente un bouchon à vis de nettoyage. On pourrait toutefois réunir ces tubes par un collecteur de nettoyage faisant ou non paroi de cendrier. Toutefois, ces tubes Field étant prolongés sous la grille, les sédiments qu'y réunit la circulation générale peuvent y séjourner sans danger. Ces tubes, librement suspendus, conservent toute leur liberté de dilatation, le corps supérieur de la chaudière reposant sur le cendrier ou autrement par supports spéciaux indépendants.

Le corps supérieur de la chaudière est un anneau rivé ou mieux soudé avec deux brides embouties : l'inférieure en dehors pour se boulonner au pourtour de la plaque tubulaire Field, la supérieure en dedans pour recevoir les prisonniers du pourtour de la plaque tubulaire supérieure.

A la forme annulaire on peut substituer, pour des grilles rectangulaires, des parois bombées extérieurement suivant des cylindres à génératrices horizontales en relation avec le rectangle de la grille et des plaques tubulaires. Un anneau en fil de cuivre fait un joint étanche parfait entre les plaques tubulaires et le corps de chaudière si les surfaces de joint sont bien dressées.

Nous donnons de 80 à 100 millimètres de diamètre et 4 millimètres d'épaisseur aux gros tubes Field de boîte à feu. Leur longueur est un peu plus du double des petits tubes Field, de façon à laisser 0<sup>m</sup>,40 au moins entre la grille et le bas de ceux-ci.

Dans ces conditions, les parois de la boîte à feu ne pèsent guère plus du tiers du poids réalisé par les plaques de 12 ou 15 millimètres entretoisées des loco-

motives, et les armatures de ciel de foyer sont supprimées. La surface présentée au rayonnement du foyer est en outre accrue de 50 % environ, comme dans les foyers à parois ondulées (Fox, etc.).

Il est facile de constater que les flammes, après s'être bien développées dans une vaste chambre de combustion, montent verticalement en se divisant à l'extrême entre les tubes Field sans aucun étranglement, puis passent dans les tubes à fumée, suivant toujours le même trajet direct, de sorte que l'allumage est très facile même avec faible cheminée, et la production de vapeur par mètre carré chauffé est énorme.

Les plaques tubulaires n'étant jamais soumises au rayonnement direct du foyer et n'étant atteintes que par des gaz ayant lèché les 5/6 au moins de la surface de chauffe ne sont sujettes à aucun accident.

En adoptant les dispositions du corps de chaudière pour grilles rectangulaires, on peut atteindre une surface de chauffe aussi grande qu'on veut, par unité de chaudière, et couvrir de surface de grille presque toute la surface horizontale disponible, ce qui peut être important dans la marine.

On pourrait aussi disposer, dans ces conditions, d'une chaudière de locomotive ayant plus de 5 mètres carrés de grille tout en restant intérieure complètement aux roues motrices, ou même jusqu'au double en passant au-dessus de celles-ci (pour machines à marchandises), seulement il faudrait des portes de foyer en avant et en arrière.

Quant au coût de construction, il est facile de vérifier qu'il est peu élevé. Nous avons trouvé par deux commandes comparatives que pour une même surface de chauffe de 30 mètres carrés et de 1,15 mètres carrés de grille, notre chaudière avec tubes Field en cuivre a coûté moins qu'une chaudière genre locomobile à tubes en fer, ce qui s'explique par le poids presque triple de celle-ci. Cependant la première était timbrée à 12 et la deuxième à 10 atmosphères seulement.

Nous signalerons aussi notre système de parois de boîte à feu en tubes joints élargés au bout pour sertissage en plaque tubulaire ou toute autre pièce de connexion, peut être appliqué à tout autre système de chaudière, totalement ou partiellement, en plaçant ces tubes verticalement inclinés ou même horizontalement.

---

## NOTE

SUR

# **l'Utilisation des mauvais Combustibles**

FOYERS A COMBUSTION MÉTHODIQUE  
CHARGEMENT MÉCANIQUE DU COMBUSTIBLE

PAR

**M. G. Alexis GODILLOT**

---

Avant de décrire les procédés que nous avons imaginés pour la combustion des mauvais combustibles, je désire dire quelques mots sur ces combustibles.

C'est la tannée tout humide, puis les copeaux encore imprégnés d'eau, résidus des fabriques d'extraits qui furent l'objet de nos premières recherches.

Pour donner une idée de la pauvreté de ces matières examinons, par exemple les copeaux résidus de la fabrication des extraits de bois de châtaignier.

Ces copeaux sortant de la décoction renfermant 66 % d'humidité et 34 % de ligneux (cellulose), la capacité calorifique du ligneux étant la moitié de celle de la houille, 4000 calories au lieu de 8000, on peut remplacer les 34 de ligneux par 17 de houille. Ainsi cette matière peut être comparée à un combustible hypothétique renfermant 17 de houille et 66 d'humidité soit, en ramenant le total à 100, 20 % de houille et 80 % d'humidité. On comprend quel mauvais combustible représente cette matière, et cependant bien traitée elle peut chauffer des générateurs avec autant d'intensité que le meilleur charbon.

On conçoit que pour brûler de semblables matières la grille ordinaire soit tout à fait insuffisante. Admettons en effet qu'on soit arrivé à allumer des copeaux humides, chaque charge nouvelle vient troubler l'allure ; la matière fraîche bouche les cheminements de l'air comburant, cette masse humide éteint presque les parcelles en ignition.

A chaque chargement la marche du feu est singulièrement ralentie, la combustion est pour ainsi dire compromise, on comprend que même avec de très grandes grilles on n'obtienne qu'un feu précaire insuffisant pour chauffer un

générateur d'usine. Il fallait réaliser une disposition qui évitât ces inconvénients qui réalisait, si je puis dire, la combustion méthodique.

Nous avons imaginé une grille qui remplit cet objet et nous l'avons dénommée grille-pavillon.

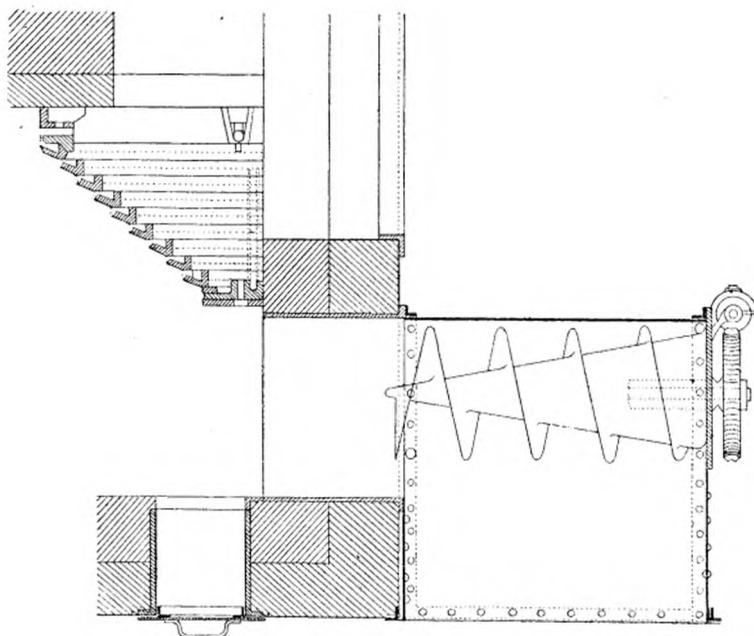


FIG. 1

Cette grille a la forme d'un demi-cône. Elle est formée de barreaux horizontaux demi-circulaires dont le diamètre va en décroissant de la base au sommet. Ces barreaux se recouvrent comme des lames de persiennes de façon à retenir les parcelles les plus fines.

Mais pour conduire une chaudière avec un mauvais combustible il faut en brûler beaucoup. Le tableau suivant donne pour diverses matières une idée de l'encombrement qu'elles produisent. Ce tableau est inséré page 378 du travail de MM. Bougarel et Monin sur les chaudières à vapeur.

La dernière colonne du tableau représente les volumes équivalents à une tonne de houille. Ainsi pour remplacer une tonne de charbon, il faut brûler 20 mètres cubes de tannée humide, 40 mètres cubes de bagasse (la bagasse est le résidu de la fabrication du sucre de canne), c'est la fibre de canne sortant des moulins à canne.

Le chargement à main de ces énormes volumes entraîne une main-d'œuvre coûteuse, provoque des ouvertures incessantes de la porte du foyer, de là des rentrées d'air défavorables. Un chargement mécanique s'imposait ; la forme de la grille-pavillon se prêtait singulièrement à cette combinaison. Il suffit de diriger un courant continu du combustible sur le sommet de la grille conique pour qu'il se distribue dans toutes les directions de la demi-circonférence.

L'alimentation mécanique se fait au moyen d'une hélice en fonte que nous avons désignée sous le nom de *hélice à auget croissant*. Les ligneux présentant des fragments irréguliers, filamenteux, la tannée, la bagasse, etc., etc., s'écoulent difficilement, pour que les parcelles descendent sûrement dans les filets de l'hélice, et ne puissent s'y bourrer, l'âme de l'hélice, au lieu d'être cylindrique a la forme d'un cône dont la pointe est dirigée vers la sortie, l'intervalle entre les filets de l'hélice (auget) présente une capacité qui va en croissant, de cette façon l'hélice peut puiser de la matière sur toute la longueur de la trémie au fond de laquelle elle tourne.

Les procédés que nous avons imaginés pour réaliser la combustion méthodique se composent donc de deux éléments : la grille-pavillon et l'hélice à auget croissant.

Nous allons examiner quelques types d'installations ce qui nous permettra de montrer le détail de nos procédés, et en faire ressortir les avantages. Examinons d'abord le type que nous avons créé pour brûler les matières humides telles que la tannée humide 68 % d'humidité, les copeaux de fabriques d'extraits 62, 68 % la sciure humide, la bagasse 52, la cossette 62 % résidus des sucreries de canne.

Prenons l'exemple de l'installation de MM. Luc et Patin, fabricants d'extraits de chêne à Nancy, fig. 2 et 3. Il s'agit de brûler des copeaux à 62 % d'humidité.

Le foyer se trouve situé dans un fourneau voûté, placé devant la chaudière. Quand il s'agit de combustibles humides, je préfère cette disposition à la combinaison ordinaire qui consiste à placer la grille sous le générateur. En effet ces matières donnent des gaz chargés d'humidité, la température du foyer est peu élevée, et j'aime mieux éloigner de l'endroit où se fait la combinaison des gaz une surface de refroidissement telle que le corps froid de la chaudière.

D'ailleurs on diminue les pertes de chaleur par les parois du fourneau en établissant autour de celui-ci une circulation de l'air qui se rend au cendrier. La voûte est percée de deux orifices, l'un est muni d'un tube de faible diamètre, et sert de regard permettant d'examiner le feu, l'autre est le trou d'allumage, il sert à charger le combustible à la main en cas de besoin, par exemple, le matin quand le moteur de l'usine qui actionne le mécanisme de chargement n'est encore en mouvement.

La matière à brûler est versée dans la trémie de chargement. L'hélice à auget croissant l'amène au sommet de la grille-pavillon, elle se dessèche, s'échauffe,

s'enflamme, descend sur la pente du cône, tout en formant une couche mince, au fur et à mesure que celle qui est au-dessous se consume ; finalement elle ar-

FIG. 2

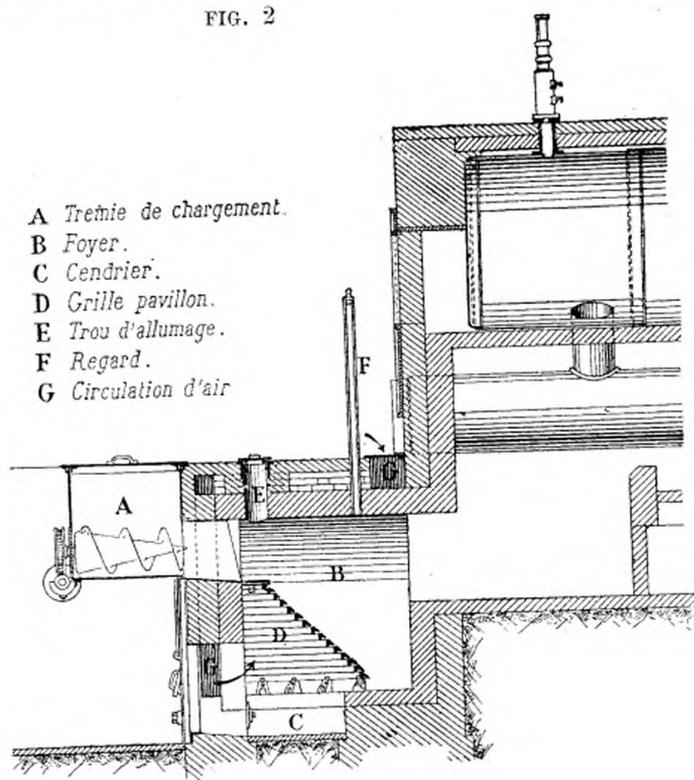
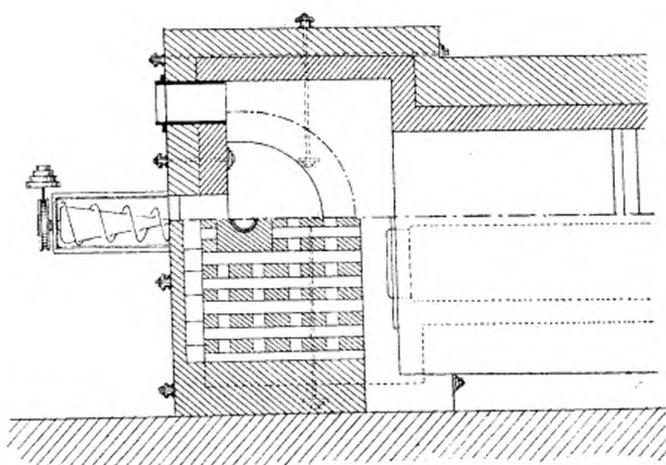


FIG. 3



rive sur la grille horizontale où la combustion s'achève et où les cendres s'accu-  
 mulent.

On les retire facilement soit par les portes latérales (portes de nettoyage) soit en introduisant un court crochet dans l'intervalle ménagé entre le pavillon et la grille horizontale, et en les faisant tomber dans le cendrier.

La marche du foyer est tout à fait régulière. Des chances de coup de feu par suite des explosions sont évitées. Le chauffeur suivant les besoins de l'usine règle la quantité de combustible introduite dans le foyer (généralement l'hélice est commandée par des cônes de courroie). Il devient facile de régler exactement le tirage, à chaque vitesse de l'hélice correspond à une ouverture du registre déterminée une fois pour toutes.

Dans les foyers ordinaires, avec des charges alternatives le tirage ne peut être régulier puisque l'état du feu se modifie à chaque charge, il faudrait également modifier le tirage, ce qui est difficilement réalisable. Les avantages de l'appareil sont les suivants :

- 1° Meilleure combustion.
- 2° Régularité de la marche, ce qui évite les chances de coups de feu, et permet de régler le tirage.
- 3° Suppression des rentrées d'air.
- 4° Simplification du rôle du chauffeur.
- 5° Fumivorité complète même pour les combustibles les plus fumeux.

Pour donner une idée des résultats obtenus je donnerai quelques chiffres de vaporisation. Nous avons fait des essais chez Madame V<sup>ve</sup> Gondolo, fabrique d'extraits à Nantes, sur la même chaudière avec la grille ordinaire puis avec notre appareil ; à la même allure la grille a vaporisé 240 grammes par kilogramme de copeaux de châtaignier à 66 % d'humidité tandis que notre foyer a dépassé 1300 grammes.

M<sup>me</sup> Gondolo possède 6 générateurs représentant 500 mètres carrés, munis de nos appareils.

MM. Luc et Patin, fabricants d'extraits à Nancy, chez lesquels nous avons 7 foyers, chauffant 500 mètres carrés de chaudières, nous écrivaient à la date du 14 février 1886, que l'économie réalisée par mes appareils était de 18 tonnes de houille par jour. En effet, on comptait une dépense de une tonne de charbon pour une tonne d'extrait à 25 % Beaumé ; l'usine fabrique 18 tonnes par jour, et l'emploi de la houille a été supprimé, un kilogramme de tannée, essorée à 55 % d'humidité, ne vaporise guère, dans les appareils ordinaires, que 450 grammes tandis que dans des essais faits par M. Compère, ingénieur directeur de l'Association parisienne des propriétaires d'appareils à vapeur, sur nos appareils ont donné 1700 grammes.

Depuis plusieurs années, nos appareils se sont répandus pour utiliser, au chauffage des générateurs, la bagasse, résidu de la sucrerie de canne, contenant 50 % d'humidité. L'application des procédés de la diffusion à la sucrerie de canne

était arrêtée par la difficulté de brûler le résidu, la cossette contenant de 60 à 65 % d'humidité.

Les premiers appareils à combustion méthodique, furent montés par la Compagnie de Fives-Lille, à l'usine de Vons-Iringo (Java), (campagne de 1888). Leur succès eut un énorme retentissement. Depuis, une vingtaine d'appareils, chauffant 22 000 mètres carrés de chaudières, nous ont été commandés.

Nous fûmes amenés à traiter les combustibles encombrants facilement inflammables, tels que les copeaux de raboteuse, les déchets de teillage de lin, du chanvre, de la ramie. Nous combinâmes une disposition qui mettait à l'abri du rayonnement du feu, et par suite à l'abri de l'incendie, la provision de matière emmagasinée dans la trémie. L'installation la plus importante que nous ayons faite sur les copeaux secs, est celle de MM. Trystam, à Dunkerque, 3 chaudières représentant 300 mètres carrés.

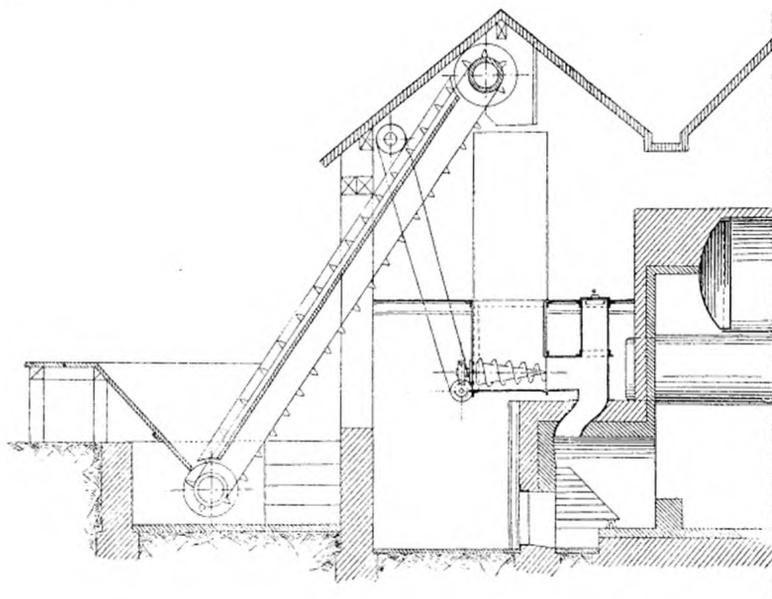


FIG. 4

Le combustible, pris dans une cour, par une chaîne sans fin, est versé dans les trémies; l'hélice fait écouler les copeaux de raboteuse en une sorte de pluie continue sur la grille-pavillon.

A la date du 15 mai 1889, MM. Trystam et C<sup>ie</sup> m'écrivaient que les trois appareils, montés sur 3 générateurs, ensemble 200 mètres carrés, leur faisaient brûler moins de copeaux, supprimaient la fumée, dont se plaignaient autrefois

les voisins, et réduisaient à moitié les frais de chauffage (deux chauffeurs au lieu de quatre).

Le tableau page 382 donne les résultats d'essais de vaporisations, ayant, pour ainsi dire un caractère officiel :

Ces essais ont été dirigés par les ingénieurs des associations de propriétaires d'appareils à vapeur. Ils indiquent qu'avec des ligneux, variant de 13 à 62 % d'humidité, la vaporisation par kilogramme de matière a varié de 3300 à 1450.

Si on déduit du calorique du combustible la chaleur perdue par son humidité, on trouve par les divers essais cités plus haut, que le rendement en vapeur a été voisin de 25 %, tandis que la houille, dans les meilleures chaudières, ne dépasse guère 75 %.

Les procédés de la combustion méthodique, qui donnaient de si beaux résultats avec les mauvais combustibles, devaient s'appliquer aux combustibles riches, comme la houille ; mais deux inconvénients se présentaient :

- 1° La grille ne résistait pas à la haute température ;
- 2° La houille collait aux barreaux dont le nettoyage était difficile.

Nous avons écarté ces difficultés en réalisant une circulation d'eau dans la grille ; la houille ne coule plus sur les surfaces refroidies ; il n'y a plus par suite de difficulté de nettoyage, plus de détérioration. Nous avons appelé cette disposition : grille à bassins étagés.

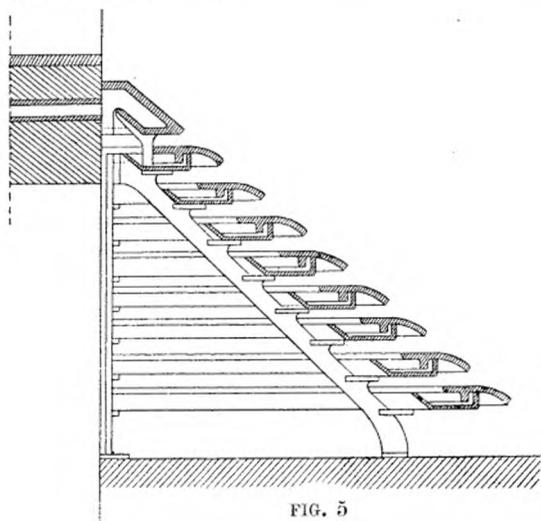


FIG. 5

La grille a la même forme que la grille-pavillon, mais chaque barreau porte, une nervure plongeant dans une cuvette; l'eau, introduite au bassin du sommet

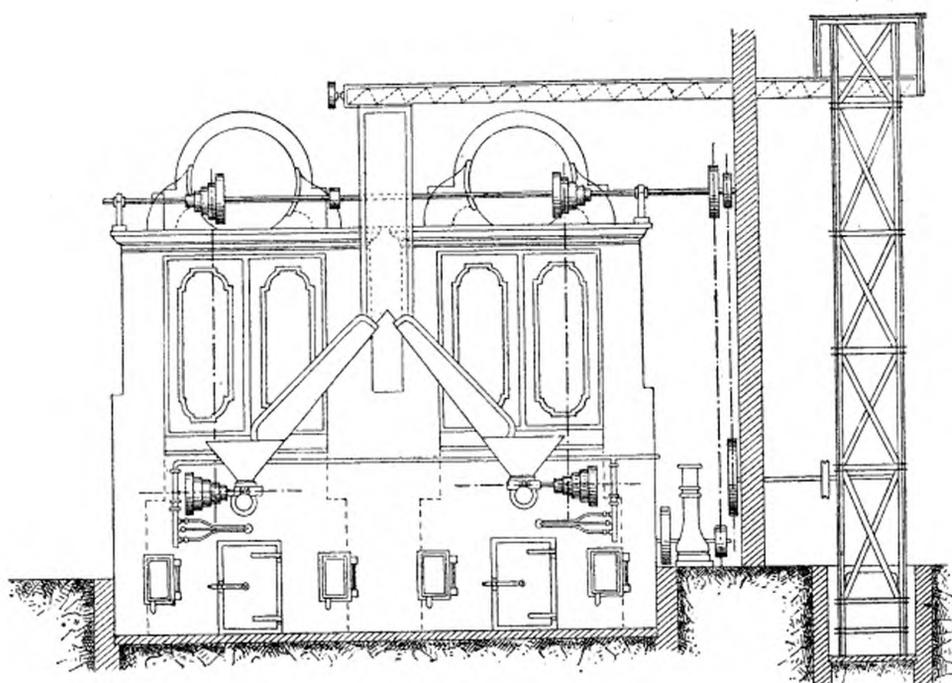


FIG. 6

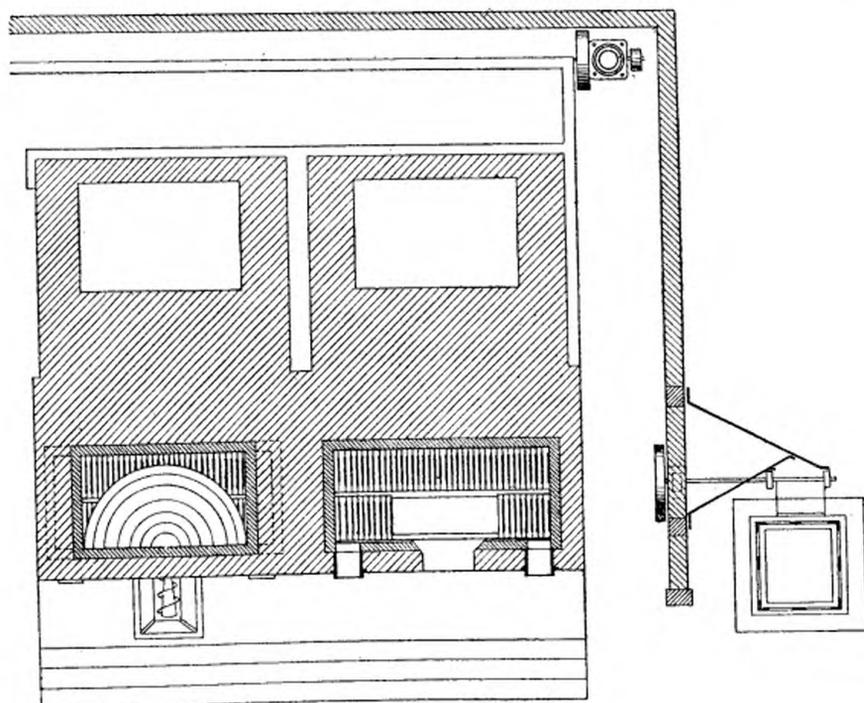


FIG. 7

descend en cascade, de cuvette en cuvette, pour tomber finalement dans le cendrier.

Cette grille permet de brûler la houille, le coke, l'antracite, le lignite, la tourbe, même à l'état de poussière.

Un premier appareil, monté en 1888, chez MM. E. Coëz et C<sup>ie</sup>, à Saint-Denis, a donné une économie de 30 % ; moitié environ de cette économie obtenue par un meilleur rendement ; l'autre moitié par l'emploi du combustible meilleur marché, des fines au lieu de tout venant.

Le tableau page 385 donne les résultats des essais faits par M. Compère, ingénieur directeur de l'Association parisienne des propriétaires d'appareils à vapeur ; il est extrait du dernier bulletin.

Cette chaudière, avec la grille ordinaire, a vaporisé par kilogramme de tout venant 6 kilg. 09, conduite par le chauffeur de l'usine ; 6 kilg. 70 conduite par le maître chauffeur de l'Association parisienne. Cette même chaudière, munie de notre grille, à la même allure : 15 kilogrammes de vapeur par mètre et par heure, a vaporisé 8 kilg. 500 par kilogramme de fines (valant 2 francs de moins la tonne).

Cette expérience prouve la supériorité du combustible menu ; on est donc dans une très mauvaise voie en recherchant le combustible à l'état de gros fragments ; les matières menues sont bien plus aptes à donner une bonne combustion. D'un autre côté, avec nos appareils, le tirage de la cheminée à l'usine a toujours suffi pour obtenir une bonne allure, même avec les fines de coke, ce qui prouve que les combustibles pulvérulents dans des appareils où ils sont brûlés en couche mince n'ont pas besoin de vent soufflé.

Avec des poussières de houille, la même chaudière (à bouilleurs) a été conduite à des allures variables de 8 kilogrammes à 24 kilogrammes de vapeur par mètre carré par heure, donnant toujours un rendement élevé.

A l'Exposition, nous avons 13 foyers à bassins étagés en marche, activant 13 générateurs, représentant une vaporisation de 18000 kilogrammes par heure :

1° Station Steinlen (anciens ateliers Ducommun), 2 chaudières multitubulaires de MM. Daydé et Pillé, système Lagosse et Bouché, ayant chacune une surface de 120 mètres carrés (fig. 6 et 7).

La grille à bassins étagés est placée directement sous la chaudière ; un petit monte-charge prend le combustible dans la cour et le porte dans une trémie placée en haut de la grille, de là il est distribué mécaniquement à chacun des foyers.

2° Installation Roser. — Pour respecter les façades, les foyers sont placés en sous-sol ; une hélice au niveau du sol prend les fines dans la cour et les conduit à chaque foyer.

3° Station Gramme. — 9 chaudières types locomotives de MM. Davey-Paxman, de Colchester.

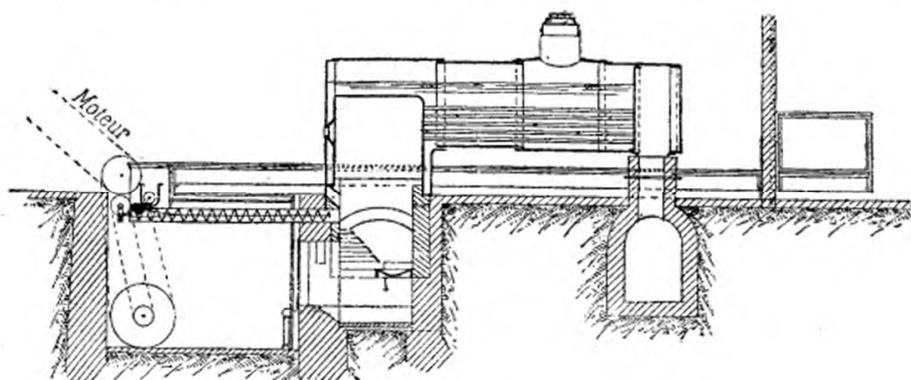


FIG. 8

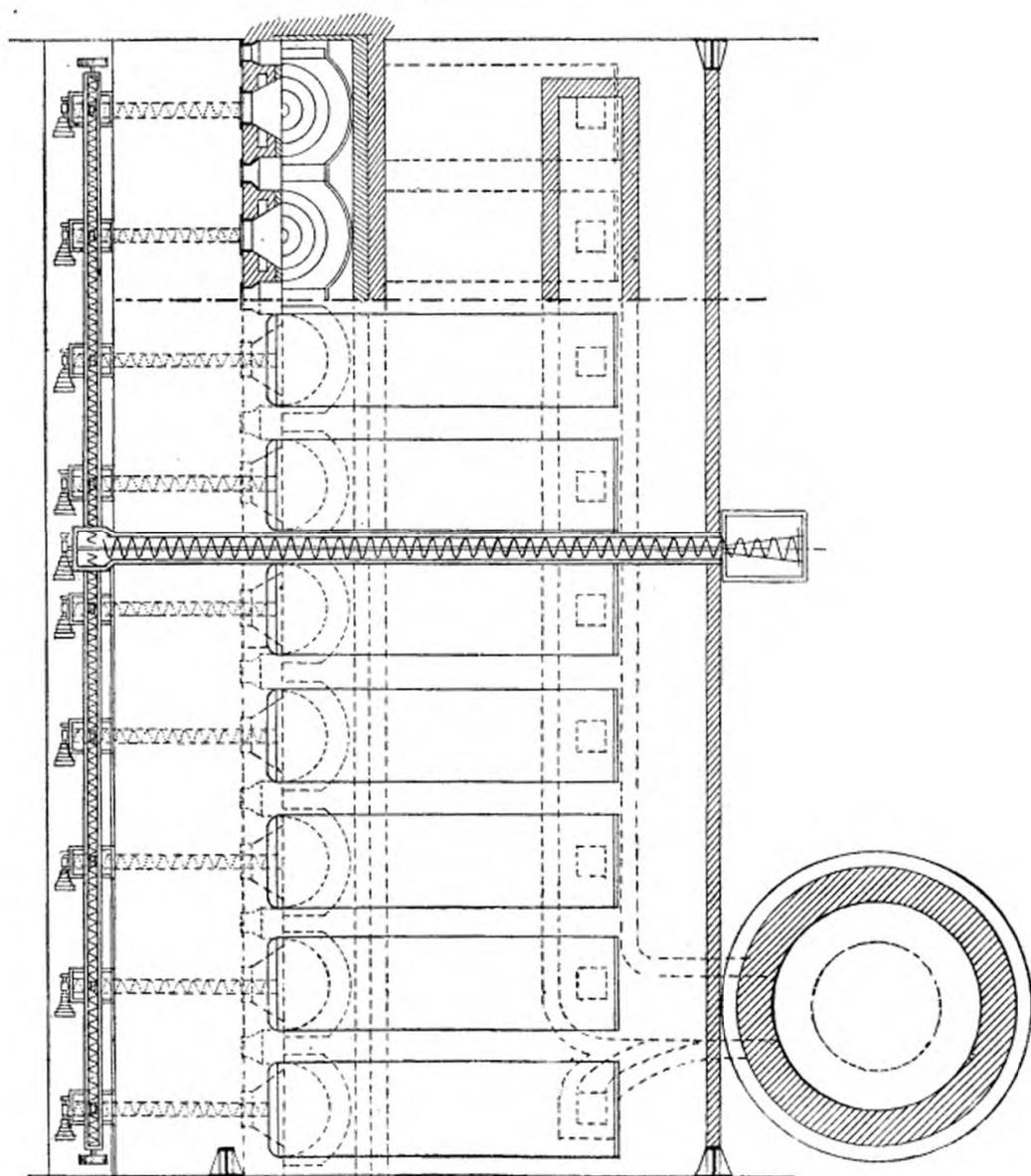


FIG. 9

Cette disposition est analogue à la précédente ; mais le service est extrêmement dur. Il s'agit de conduire les fontaines lumineuses. Les chaudières sont très chargées. D'un autre côté, les arrêts brusques en pleine marche, motivés par les entractes de vingt minutes, compliquent singulièrement la difficulté (fig. 8 et 9).

En résumé, nous avons réussi à appliquer les procédés de la combustion méthodique, d'abord aux combustibles les plus pauvres, puis aux matières encombrantes facilement inflammables, et enfin aux matières riches. Avec tous, nous obtenons un rendement meilleur, une simplification du rôle du chauffeur, et une fumivorité complète.

---

# Générateur à production de vapeur instantanée

(Système Serpollet)

par M. G. LESOURD

Bien que le générateur *Serpollet* ait déjà fait l'objet de plusieurs rapports devant les Sociétés scientifiques, nous avons pensé qu'il n'était pas sans intérêt de rappeler les traits caractéristiques de cette invention qui constitue une véritable innovation dans la production des petites forces et se rattache ainsi directement à l'étude des perfectionnements apportés aux chaudières à petits éléments que le Congrès a mis à son ordre du jour.

Le générateur *Serpollet* appartient à la catégorie des générateurs dits à *production de vapeur instantanée*, et semble être l'une des solutions les plus heureuses de ce problème tant cherché, et jusqu'à ce jour si imparfaitement résolu.

Il repose sur deux principes invariablement liés l'un à l'autre et pouvant se résumer en ces deux lignes :

*Vaporiser l'eau dans un espace aussi faible que possible.*

*Entourer cet espace d'une masse métallique relativement considérable.*

La première condition empêche tout phénomène de caléfaction de se produire par l'écrasement et la vaporisation successive des gouttelettes globulaires au fur et à mesure de leur formation.

La deuxième permet d'emmagasiner autour de la *surface vaporisante* la quantité de chaleur nécessaire pour faire face à toute variation de température provenant d'une augmentation ou d'une diminution même subite de la quantité d'eau à vaporiser.

La solution de ce double problème qui semblait le mieux remplir les conditions voulues consistait à prendre un tube métallique de forte épaisseur et à le laminier à chaud de façon à rapprocher l'une de l'autre les parois internes, tout en évitant bien entendu leur soudure en un point quelconque.

C'est dans cet espace de quelques dixièmes de millimètre seulement d'épaisseur que se vaporisera l'eau ; et la masse métallique nécessaire sera fournie par la forte épaisseur du tube.

Un tube ainsi aplati, d'une longueur de deux mètres environ, ayant 0<sup>m</sup>,105 de large et 0<sup>m</sup>,022 d'épaisseur totale, disposé à ses deux extrémités pour recevoir des raccords, forme à lui seul une chaudière d'une force moyenne de 1 cheval.

Son poids n'est que de 33 kilogrammes.

Sa forme peut être aussi ramassée qu'on le désire par un enroulement conve-

nable, de façon à diminuer autant que possible les dimensions de l'enveloppe qui lui servira de foyer.

La surface intérieure que nous nommerons *surface vaporisante* est d'environ 24 décimètres carrés.

La surface extérieure ou *surface de chauffe* est de 36 décimètres carrés.

Pour transformer ce tube en appareil de production continue de vapeur, il suffit de le placer dans un foyer disposé le plus convenablement possible, de le chauffer vers 200° et d'injecter à une de ses extrémités de l'eau à l'aide d'une pompe aspirante et foulante de très faibles dimensions. Cette eau est aussitôt vaporisée au contact des parois internes, traverse le tube avec une extrême rapidité, et ressort à l'autre extrémité à l'état de vapeur plus ou moins sèche, et dont l'état dépend de la température, de la quantité d'eau injectée, et des dimensions relatives du tube.

Pour combiner cet appareil avec un moteur à vapeur d'un système d'ailleurs quelconque, il suffit d'établir une commande de la pompe d'injection par excentrique ou par tout autre moyen, et de conduire la vapeur produite dans la boîte de distribution.

On obtient ainsi un groupement intime de deux appareils, les rendant solidaires l'un de l'autre, à tel point que le fonctionnement de la chaudière dépend exclusivement de celui de la pompe d'injection et par conséquent de la machine, et que le fonctionnement de la machine dépend des conditions dans lesquelles se trouve la chaudière.

Aussi a-t-il fallu imaginer un système de régulateur réciproque pouvant, lorsque la vitesse de la machine augmente, diminuer la quantité d'eau injectée, et par conséquent la vapeur produite, et pouvant au contraire, lorsque la vitesse de la machine tend à diminuer, agir en sens inverse.

Ces régulateurs se rapportent à deux types : dans l'un le régulateur à boules du moteur est relié par un système de leviers à la clef d'un robinet de décharge placé sur la conduite de refoulement de la pompe, et qui permet de renvoyer à la bêche d'injection tout ou partie de l'eau puisée.

Dans l'autre, le régulateur à boules agit par l'intermédiaire d'une coulisse sur la course même du piston d'injection.

Il est facile de voir que dans les deux cas, une augmentation de vitesse amène une diminution d'injection d'eau, et vice versa.

Ces modes de régularisation qui, au premier abord, pourraient inspirer quelques doutes sur le bon fonctionnement d'un semblable appareil, ont donné dans la pratique les résultats les plus concluants, et dont une des preuves les plus convaincantes est la fixité absolue de la lumière dans les applications à l'éclairage électrique par des lampes à incandescence.

Etant admis en principe les faits que nous venons de relater et qui ont été consacrés par une longue expérience, nous passerons rapidement en revue les

particularités les plus frappantes d'une installation formée d'un générateur *Serpellet* et d'un moteur à vapeur de petite force.

L'eau d'alimentation est contenue dans un récipient quelconque, *aspirée, utilisée et vaporisée au fur et à mesure des besoins*. La quantité employée est d'environ 13 litres par cheval et par heure.

Pour mettre le moteur en marche, il suffit, le tube étant à température voulue, d'injecter à l'aide d'un levier à main qui peut actionner le piston plongeur de la pompe d'injection quelques gouttes d'eau qui, en se vaporisant, viennent agir sur le piston moteur et le mettre en mouvement. A partir de ce moment, le moteur alimente lui-même sa chaudière, suivant les besoins.

Veut-on arrêter lentement, on ferme un robinet placé sur l'aspiration d'eau, la machine vaprise ce qui reste dans le tube de refoulement et s'arrête.

Veut-on arrêter brusquement, on ouvre un robinet faisant communiquer le tube de refoulement avec l'extérieur. Les quelques centimètres cubes d'eau que contient la chaudière s'échappent à l'extérieur, mêlés à la vapeur qui remplissait le tube, et l'arrêt brusque de la machine se produit.

Si on oublie d'alimenter, cette faute ne sera suivie que d'un seul effet, l'arrêt progressif du moteur

De ce côté, tout risque d'accident est donc entièrement supprimé. Et dès lors, le seul qui puisse se produire, c'est-à-dire l'explosion de la chaudière, ou mieux la rupture d'un tube par suite d'une trop haute température et d'une pression trop forte, n'est jamais accompagné d'aucune projection, grâce au volume extrêmement faible de vapeur qui s'y trouve renfermé, et qui ne dépasse pas quelques centimètres cubes.

Les tubes peuvent être éprouvés à 100 atmosphères, et en marche, leur rupture accidentelle se borne à une fuite de vapeur du reste peu importante, suivie d'un arrêt progressif du moteur.

Les incrustations ne peuvent se produire dans le tube lui-même à cause de la vitesse de la vapeur qui le traverse, et du manque d'espace pour s'y déposer. Les matières salines que peuvent contenir l'eau sont pulvérisées et mêlées à la vapeur ; les circonstances mêmes dans lesquelles elles se sont produites les empêchent d'avoir une action nuisible sur les organes du moteur, où elles ne s'amassent du reste jamais, étant entraînées en majeure partie par l'échappement, avant d'avoir pu se déposer.

Cependant, dans le cas d'eaux très chargées, il pourrait se former des dépôts dont la superposition pourrait devenir nuisible. On remédie à cet inconvénient par un lavage périodique du tube, à l'eau légèrement acidulée, opération pour laquelle on a prévu un dispositif spécial.

Après avoir essayé successivement de tubes en fer et de tubes en cuivre, on a abandonné définitivement ces derniers, qui n'offraient pas à haute température une résistance suffisante, et subissaient des diminutions de poids considérables.

Le meilleur résultat paraît être donné aujourd'hui par des tubes d'acier de quelques millimètres d'épaisseur, laminés et noyés dans la fonte et qui remplissent avantageusement les deux conditions citées plus haut. Ce n'est cependant peut-être pas le dernier mot de la fabrication de ces organes qui constituent, on le comprend sans peine, le point le plus essentiel et le plus délicat de la question.

Pour éviter l'influence néfaste d'une température trop élevée sur le tube, dans les moments où il ne travaille pas, on a dû faire évacuer les gaz chauds provenant du foyer par un conduit latéral, à l'aide d'un registre qui s'ouvre *automatiquement* chaque fois qu'on arrête le moteur. Enfin, le foyer lui-même a donné lieu et donne encore lieu à des études minutieuses, car ses faibles dimensions elles-mêmes rendent plus difficile une bonne utilisation du combustible.

On a pu se rendre compte, par ce rapide exposé, que les appareils de sûreté exigés pour les chaudières ordinaires deviennent ici complètement inutiles, et les appareils *Serpellet* en ont été exemptés, à l'exception d'une soupape de sûreté sur le refoulement de la pompe au cylindre, par une décision spéciale. Le timbrage des tubes n'est qu'une formalité illusoire, étant donnée l'innocuité absolue d'une rupture.

On pouvait voir, à l'Exposition universelle, diverses applications des plus usuelles du générateur *Serpellet*:

Une installation électrique avec moteur de un cheval actionnant une dynamo qui alimentait seize lampes Gérard à incandescence de seize bougies chacune;

Un générateur formé de deux tubes élémentaires reliés en tension, actionnant une pompe rotative. Dépense : 4 kilogrammes de houille par cheval et par heure ;

Un générateur de trois chevaux actionnant une machine-pilon destinée à une embarcation de plaisance. Dépense de houille : 8 kilogrammes à l'heure. Dépense de vapeur : 35 kilogrammes environ ;

Enfin, une application d'un générateur de deux chevaux à une yole de plaisance. L'appareil a donné dans ce cas des résultats très satisfaisants et a prouvé, dans de nombreuses expériences, la surproduction considérable dont il est capable, et la perfection absolue du mode de régularisation.

L'application à la traction des véhicules légers est, de toutes, celle qui a fait le plus de progrès, et plusieurs types de tricycles et voitures à vapeur ont été construits qui ont donné les résultats les plus satisfaisants.

Le générateur d'un cheval à un cheval et demi, formé de deux tubes accouplés en tension, est enfermé dans une enveloppe métallique formant foyer et relégué à l'arrière. Le moteur est sous le véhicule ; la caisse à eau sous le siège ; l'alimentation de combustible est automatique.

L'allure se règle d'une façon très ingénieuse et très simple par la rotation d'une des poignées directrices, rotation qui ouvre ou ferme plus ou moins le

robinet d'évacuation d'eau dont il a été question dans le premier mode de régularisation.

L'arrêt d'urgence en moins de deux mètres est obtenu par l'ouverture en grand de ce robinet, accompagnée de l'application d'un frein funiculaire dont la commande est placée sous le pied du conducteur.

La vitesse moyenne en palier est de 20 à 25 kilomètres à l'heure, et en augmentant la vaporisation, par l'action combinée du levier à main, on peut obtenir des surproductions considérables et assez durables pour gravir des pentes atteignant jusqu'à 15 centimètres par mètre et plus. C'est du reste une particularité de l'appareil, dépendant de sa nature même, de pouvoir se prêter, aussi bien dans les machines fixes que dans les appareils de traction, à cette surproduction grâce à laquelle on a pu arriver quelquefois à décupler la puissance de vaporisation pendant un temps très notable.

On peut noter aussi comme particularité essentielle ce fait que la pression de la vapeur n'est pas limitée à un maximum infranchissable comme dans les chaudières ordinaires.

La pression par unité de surface sur le piston du cylindre à vapeur peut toujours s'élever au niveau de la résistance à vaincre, et suivant la force de la soupape placée sur le refoulement d'eau, elle peut atteindre telle valeur qu'on désire sans qu'il y ait aucun risque à courir du côté du générateur.

Dans les voitures à vapeur pouvant contenir trois personnes, la réserve d'eau est de 40 litres ; celle de charbon de 60 kilogrammes. On use environ 18 litres d'eau à l'heure et 8 kilogrammes de charbon, ce dernier chiffre un peu élevé étant dû à une activité de la combustion provenant de la rapidité de l'allure. On peut donc, ainsi que cela a été fait maintes fois, et un récent voyage entre Paris et Lyon, l'a confirmé, franchir 60 kilomètres sans renouveler sa provision d'eau et près de 200 kilomètres sans renouveler celle de charbon.

Telles sont, jusqu'ici, les applications principales qui ont été faites du générateur *Serpollet*, et qui se poursuivent sans relâche.

Il semble, par son faible poids et son petit volume, la facilité extrême de sa surveillance et de son entretien, et par dessus tout par la sécurité absolue que présente son emploi, devoir tenir une large place dans la production des petites forces.

En outre de ses applications multiples aux petits ateliers, aux usines, aux moulins, aux pompes élévatoires, etc., etc., il semble devoir donner la solution réellement pratique de l'éclairage électrique à domicile.

Nous n'avons pas voulu nous arrêter ici sur les divers perfectionnements qui ont été apportés au foyer, au régulateur et aux autres organes de l'appareil, notre but ayant été d'appeler l'attention du Congrès sur les particularités principales qui le distinguent essentiellement des autres, et persuadés qu'il occupera avant peu, au moins, dans les appareils de production de petites forces, la place qui lui convient.



# TABLE DES MATIÈRES

---

## 6<sup>me</sup> Partie. — Tome I<sup>er</sup>

---

### CHAUDIÈRES A VAPEUR ET MACHINES THERMIQUES

---

	Pages
<b>Les Moteurs à gaz par A. Witz.</b>	
PRÉLIMINAIRES. . . . .	3
Classification des moteurs. . . . .	8
PREMIER TYPE	
Moteur <i>Bénier</i> . . . . .	9
» <i>Bisschop</i> . . . . .	10
» <i>Forest</i> . . . . .	11
» <i>Noël</i> . . . . .	12
DEUXIÈME TYPE — PREMIER GENRE	
Moteur <i>Otto</i> . — Description générale. . . . .	13
Nouvel allumage . . . . .	15
Petit moteur domestique. . . . .	16
Moteur vertical . . . . .	17
Soupape de décharge et d'admission . . . . .	19
Moteur de 100 chevaux . . . . .	20
Rendement . . . . .	20
Moteur <i>Crossley</i> . . . . .	22
Moteur <i>E. Delamare-Deboutteville et L. Malandin</i> (Simplex) . . . . .	23
Distribution . . . . .	24
Régulateur à pendule . . . . .	26
Moteur de 100 chevaux . . . . .	28
Moteur <i>Lenoir</i> . . . . .	29
Moteur à pétrole. . . . .	32
Consommation . . . . .	32
Moteur <i>Charon</i> . . . . .	33
Fonctionnement avec détente complète. . . . .	34

	Pages
Moteur <i>Niel</i> . . . . .	34
Appareil distributeur . . . . .	35
Réglage de la vitesse. . . . .	36
Moteur <i>Gotendorf</i> . . . . .	37
» <i>Durand</i> . . . . .	37
Carburateur . . . . .	38
» <i>Solomon et Tenting</i> . . . . .	39
» <i>Martini</i> . . . . .	40
» <i>Pers et Forest</i> . . . . .	41
» <i>Diederichs</i> . . . . .	42
» <i>Kærtling-Liecfheld</i> . . . . .	43
Fusée d'allumage. . . . .	44
» <i>Adam</i> . . . . .	45
Appareil d'inflammation . . . . .	46
» <i>Ragot</i> . . . . .	46
» <i>Taylor</i> . . . . .	47
» <i>Lalbin</i> . . . . .	47

## DEUXIÈME TYPE — DEUXIÈME GENRE

Moteur <i>Benz</i> . . . . .	49
Construction . . . . .	49
Cycle. . . . .	51
Allumage. . . . .	51
» <i>Ravel</i> . . . . .	52
Construction . . . . .	52
Cycle . . . . .	53
Régulateur de vitesse . . . . .	53
» <i>Baldwin</i> . . . . .	54
Construction. . . . .	54
Cycle. . . . .	55

## TROISIÈME GENRE

Moteur <i>Griffin</i> . . . . .	56
---------------------------------	----

---

**Les Générateurs à l'Exposition, par MM. Bougarel et Morin**

PRÉLIMINAIRES. . . . .	57
<i>Service de la force motrice du Palais des Machines</i> . . . . .	57
Répartition des installations de générateurs . . . . .	58
<i>Conditions générales des marchés à passer pour la mise en mouvement des appareils mécaniques exposés</i> . . . . .	59
Objet de la fourniture de la force motrice. . . . .	59
Mode de mise en marche des appareils exposés . . . . .	60
Durée de la fourniture . . . . .	61
Durée du travail journalier . . . . .	61

	Pages
Machines motrices . . . . .	61
Positions des générateurs de force motrice . . . . .	62
Conduites de vapeur, de gaz, d'air et d'eau, conducteurs électriques.	62
Transmission de mouvement principale . . . . .	63
Paievements aux fournisseurs. . . . .	63
Clauses générales . . . . .	63
<i>Marché pour la fourniture de vapeur nécessaire au service de l'Exposition . . . . .</i>	<i>64</i>
Objet du traité . . . . .	65
Production de la vapeur . . . . .	65
Distribution de la vapeur. . . . .	66
Conditions définissant le caractère spécial de l'entreprise :	
Prix de la fourniture . . . . .	67
Clauses spéciales . . . . .	68
Clauses générales . . . . .	69
<i>Générateur de vapeur système Dulac. . . . .</i>	<i>71</i>
Description. . . . .	71
Tubes pendentifs. . . . .	72
Température des gaz . . . . .	75
Chaudière type Urbain . . . . .	75
Incrustation . . . . .	77
Grille Dulac . . . . .	79
Soupape Dulac . . . . .	80
Indicateur-enregistreur de niveau d'eau . . . . .	82
<i>Générateur de vapeur système Belleville . . . . .</i>	<i>84</i>
Générateur type marin . . . . .	85
» type fixe . . . . .	85
» type auxiliaire . . . . .	85
» type transportable. . . . .	86
Chevaux-alimentaires Belleville . . . . .	86
Régulateurs-détendeurs Belleville . . . . .	86
Grille Belleville . . . . .	86
Historique des études du générateur Belleville . . . . .	87
Essais sur un cheval-alimentaire du Voltigeur. . . . .	93
Essais sur les générateurs de l'Exposition de Nice de 1884. . . . .	94
Générateurs de l'Exposition de 1889. . . . .	96
<i>Générateurs de vapeur système de Naeyer :</i>	
Générateurs de l'Exposition de 1889 . . . . .	98
Description. . . . .	98
Réchauffeurs . . . . .	103
Alimentation . . . . .	103
Production de vapeur. . . . .	103
Nettoyage et réparations . . . . .	105
Application et essais . . . . .	107
Essais faits à l'Exposition d'électricité de 1881 . . . . .	107
Essais faits à Sains-du-Nord . . . . .	108

	Pages
<i>Générateurs de vapeur système Roser :</i>	
Générateurs de l'Exposition de 1889 . . . . .	111
Description . . . . .	112
Chaudière à tubes simples . . . . .	113
Fonctionnement de l'appareil . . . . .	114
Chaudière à retour de flamme. . . . .	115
Essais. . . . .	116
<i>Générateurs à vapeur système Lagosse et Bouché :</i>	
Générateurs de l'Exposition de 1889. . . . .	119
Éléments générateurs. . . . .	119
Collecteurs, réservoirs d'eau et de vapeur . . . . .	120
Sécheur-réchauffeur . . . . .	122
Circulation de l'eau et de la vapeur à l'intérieur de générateur . . . . .	123
Essais, . . . . .	131
<i>Générateurs de vapeur système Babcock et Wilcox :</i>	
Générateurs de l'Exposition de 1889 . . . . .	134
Chaudière <i>Stephen Wilcox</i> . . . . .	135
Chaudière type n° 1 . . . . .	136
» » 2 . . . . .	136
» » 3 . . . . .	136
» » 4 . . . . .	137
» » 5 . . . . .	137
» » 6 . . . . .	137
» » 7 . . . . .	138
» » 8 et 9 . . . . .	138
» » 10 . . . . .	138
» » 11 . . . . .	139
» » 12 . . . . .	139
» » 13 . . . . .	140
» » 14 . . . . .	140
» » 15 . . . . .	141
» » 16 . . . . .	141
» » 17 . . . . .	142
» » 18 et 19 . . . . .	142
» » 20 . . . . .	143
» » 21 . . . . .	144
» » 22 . . . . .	145
Dispositions générales. . . . .	146
Fonctionnement. . . . .	148
Essais fait à Jean-d'Heurs . . . . .	150
Essais faits à l'Impérial Gas Association de Vienne . . . . .	151
<i>Générateurs de vapeur système Fontaine . . . . .</i>	
Générateurs de l'Exposition de 1889 . . . . .	153
Construction . . . . .	154
Chaudière à deux bouilleurs à trois réchauffeurs . . . . .	155
Chaudière semi-tubulaire . . . . .	157
Appareils accessoires . . . . .	158

	Pages
<i>Générateurs de vapeur de la C<sup>ie</sup> de Fives-Lille</i> . . . . .	162
Générateurs de l'Exposition de 1889 . . . . .	162
<i>Générateurs de vapeur système Conrad Knap et C<sup>o</sup></i> . . . . .	165
Chaudière Root . . . . .	165
Générateurs de l'Exposition de 1889 . . . . .	165
Dispositions générales. . . . .	166
Fonctionnement . . . . .	168
Générateur système Root type A . . . . .	168
»          »          » C . . . . .	170
»          »          » E . . . . .	171
»          »          » F . . . . .	171
Générateur système Root, type B . . . . .	172
»          »          » D . . . . .	173
Foyer mécanique Conrad Knap. . . . .	173
Essais faits à Grays (Essex) . . . . .	175
<i>Générateurs de vapeur système Davey-Paxman</i> . . . . .	177
Générateur de l'Exposition de 1889. . . . .	177
Chaudière verticale « Essex » . . . . .	178
<i>Générateur de vapeur système Barbe</i> . . . . .	180
<i>Générateur de vapeur, système Oriolle</i> . . . . .	184
Description . . . . .	184
Fonctionnement . . . . .	185
Chaudière marine. . . . .	188
Essais sur le torpilleur 31. . . . .	189
<i>Générateur de vapeur, système A. Collet</i> . . . . .	190
Générateur de l'Exposition de 1889. . . . .	190
Description . . . . .	192
Essais faits à l'Exposition d'électricité de 1881. . . . .	198
<i>Générateurs de vapeur, système Pressard</i> . . . . .	200
Générateur de l'Exposition de 1889. . . . .	200
Description . . . . .	201
<i>Générateurs de vapeur, système Ferme et Deharbe</i> . . . . .	207
Générateur de l'Exposition de 1889. . . . .	207
Description . . . . .	208
Détails de jonction des tubes. . . . .	209
Type multitubulaire . . . . .	215
<i>Générateur de vapeur, système de Dion, Bouton et Trépardoux</i> . . . . .	218
Générateur de l'Exposition de 1889. . . . .	218
Description . . . . .	219
Essais . . . . .	223
Générateur à chargement central. . . . .	225
Tricycles et quadricycles à vapeur. . . . .	226

	Pages
<i>Générateurs de vapeur de la Maison Meunier et C<sup>ie</sup></i> . . . . .	229
Générateurs de l'Exposition de 1889 . . . . .	229
Outillage pour la construction . . . . .	230
Chaudière semi-tubulaire . . . . .	231
<i>Générateurs de vapeur, système Weyher et Richemond</i> . . . . .	237
Générateurs de l'Exposition de 1889 . . . . .	237
Chaudière à foyer amovible et à retour de flamme . . . . .	238
Fonctionnement . . . . .	239
<i>Générateurs de vapeur, système Charles et Babillot</i> . . . . .	242
Générateurs construits par la maison <i>Gh. Morelle et C<sup>ie</sup></i> . . . . .	242
Fonctionnement . . . . .	246
<i>Générateurs de vapeur de la maison Lacroix</i> . . . . .	249
Chaudière système Maniguet . . . . .	249
Déjecteur . . . . .	251
Foyer à tannées . . . . .	253
<i>Générateurs de vapeur, système A. Montupet.</i> . . . . .	256
Chaudière multitubulaire . . . . .	256
<i>Générateurs de vapeur de la maison Archambault et C<sup>ie</sup></i> . . . . .	261
Générateur multitubulaire . . . . .	261
Tableau des types principaux . . . . .	265
Chaudière <i>Galloway</i> . . . . .	268
Tableau des types principaux . . . . .	271
Chaudière <i>Thomas et Laurens</i> . . . . .	272
Chaudière <i>Field</i> . . . . .	272
Chaudière verticale tubulaire type anglais . . . . .	272
Chaudière verticale à bouilleurs croisés . . . . .	273
Chaudière verticale à bouilleurs croisés et retour de flamme . . . . .	274
Chaudières ordinaires . . . . .	274
<i>Générateur de vapeur de la maison Damey</i> . . . . .	277
<i>Générateur de vapeur, système Durenne</i> . . . . .	283
Générateur de l'Exposition de 1889 . . . . .	283
Description . . . . .	283
Pompe à incendie à vapeur système Durenne . . . . .	286
<i>Générateurs de vapeur système Lencauchez.</i> . . . . .	288
Générateur multitubulaire . . . . .	288
Fumivore . . . . .	292
Fonctionnement . . . . .	293
Essais . . . . .	296
Chaudière tubulaire à déjecteur et sécheur . . . . .	296
Essais de S. Graham et Petiet . . . . .	301
Réchauffeur déjecteur filtrant pour alimentation . . . . .	301
Epurateur d'eau . . . . .	302

	Pages
<i>Appareils de la maison Ed. Bourdon</i> . . . . .	304
Manomètre . . . . .	305
Appareils pour la graduation des manomètres . . . . .	306
Appareils basés sur l'emploi du tube manométrique . . . . .	308
Manomètre enregistreur à cadran. . . . .	309
Pose des manomètres . . . . .	310
Indicateurs de niveau . . . . .	311
Tubes de niveau . . . . .	312
Soupape de sûreté . . . . .	314
Graisseur oléomètre. . . . .	315
Robinets valves à fermeture sphérique . . . . .	316
<i>Appareils de la maison Muller et Roger</i> . . . . .	318
Robinets et valves de prises de vapeur . . . . .	319
Appareils d'alimentation. — Pompes alimentaires . . . . .	324
Clapets de retenue . . . . .	325
Soupape de sûreté . . . . .	325
Injecteurs . . . . .	325
Bâches. Hydromètre. Reniflard. . . . .	331
Appareils de sûreté et de contrôle. . . . .	332
Indicateurs de niveau . . . . .	332
Sifflets. Trompes. Manomètres . . . . .	334
Détendeur <i>Legat</i> . . . . .	335
Purgeur automatique <i>Legat</i> . . . . .	337
"          " <i>Richard</i> . . . . .	339
Clapets de retenue système <i>Pasquier</i> . . . . .	341
Appareils de graissage . . . . .	342
Fumisterie industrielle . . . . .	342
<i>Appareils accessoires de canalisation de la maison C. Gibault</i> . . . . .	343
Robinets à clef renversée . . . . .	344
Siphon isolateur pour la recherche des fuites. . . . .	348
Joints à rotules . . . . .	351
Joint universel. . . . .	352
Caniveaux étanches . . . . .	353
<i>Appareils accessoires de générateurs de la maison C. Guyenet</i> . . . . .	356
Injecteur en charge de <i>Bohler</i> . . . . .	356
Injecteur aspirant de <i>Bohler</i> . . . . .	360
Ejecteurs. Elévateurs . . . . .	364
Formules de détermination des injecteurs . . . . .	367
"          "          des éjecteurs . . . . .	373
<i>Foyers à combustion méthodique système Godillot</i> . . . . .	376
Tableau des combustibles pauvres . . . . .	378
Essais de vaporisation. . . . .	382
<i>Grille articulée, système Wackernie</i> . . . . .	386
Grilles à bascule . . . . .	290
"          pour fours à haute température. . . . .	391

	Pages
Grilles pour chaudières marines . . . . .	391
» pour locomotives . . . . .	392
<i>Cheminée métallique de MM. Daydé et Pillé.</i> . . . .	394
<i>Epuration des eaux industrielles, système P. Gaillet</i> . . . . .	396
Décanteur vertical . . . . .	400
» horizontal . . . . .	404
» vertical type cylindrique . . . . .	409
<i>Compteur de vapeur, système Parenty</i> . . . . .	414
Rhéomètre . . . . .	416
Manomètre différentiel . . . . .	417
Balancerie . . . . .	417
Compensateur de densité . . . . .	417
<i>Défectuosités dans les générateurs</i> . . . . .	419
Exposition des associations françaises d'appareils à vapeur . . . . .	419
Pailles dans l'épaisseur des tôles . . . . .	419
Bosses et coups de feu . . . . .	420
Fentes dans les tôles et dans les bouchons en fonte . . . . .	420
Corrosions extérieures . . . . .	421
» intérieures . . . . .	422
» des communications . . . . .	424
Défauts de construction . . . . .	425
» dans les rivures et les rivets . . . . .	426
Réparations mal faites . . . . .	427
Défauts divers . . . . .	428
Incrustations . . . . .	430
<i>Résumé</i> . . . . .	432
Générateurs en marche . . . . .	433
» à l'état inerte . . . . .	435
Appareils accessoires . . . . .	437
Robinetterie pour générateurs . . . . .	421
Cheminées d'usines, fourneaux et foyers, fumisterie industrielle . . . . .	441
Désincrustants pour générateurs . . . . .	442
Epuration des eaux industrielles . . . . .	444
Outillage pour l'exécution des générateurs . . . . .	444
Calorifuges . . . . .	445
Système de joints . . . . .	440
Dessins et Etudes, Journaux et publications diverses . . . . .	447
Modèles et curiosités ayant un caractère d'enseignement . . . . .	447
<i>Conclusion.</i> . . . .	449
<b>Conférence sur les Progrès réalisés par les Associations de propriétaires d'Appareils à vapeur, par M. Bour.</b> . . . .	453
Historique . . . . .	453
Progrès réalisés. — Sécurité . . . . .	458
» Economie . . . . .	463

	Pages
Tableaux des Associations. . . . .	467
Association alsacienne . . . . .	467
» du Nord de la France . . . . .	468
» de la Somme, de l'Aisne et de l'Oise. . . . .	469
» Normande . . . . .	470
» Parisienne . . . . .	471
» Lyonnaise . . . . .	472
» de l'Ouest . . . . .	473
» du Sud-Ouest . . . . .	474
» du Nord-Est . . . . .	475
» du Sud-Est. . . . .	476
Tableau d'ensemble . . . . .	477
Relevé des explosions en France . . . . .	478
<b>Les Chaudières à petits éléments à l'Exposition universelle de 1889, par M. A. OLRV. . . . .</b>	<b>479</b>
Avantage de l'emploi de la vapeur à haute pression . . . . .	479
Production de la vapeur à haute pression . . . . .	479
Principe de l'invention des chaudières à petits éléments. . . . .	480
Motifs de la préférence à donner aux générateurs à petits éléments au point de vue de la sécurité . . . . .	481
Inconvénient de la diminution des volumes d'eau . . . . .	482
Types nombreux de chaudières à petits éléments. . . . .	482
Chaudières non comprises dans cette étude. . . . .	483
Définition usuelle des générateurs à petits éléments . . . . .	483
Chaudières à serpentins (type Belleville). . . . .	484
Autres systèmes. Leur répartition en deux grandes classes. . . . .	484
Première classe. — Ses subdivisions . . . . .	484
Seconde classe. — Emploi de tubes Field et systèmes divers . . . . .	485
Type de retour de flammes. . . . .	486
Conditions que doit remplir un bon système de chaudière à petits éléments . . . . .	486
Sécurité. — Supériorité des chaudières à faible réserve d'eau . . . . .	486
<i>Economie de combustible.</i> — Eléments qui influent sur la consommation de combustible. . . . .	487
Disposition du foyer . . . . .	487
Mode de circulation des gaz du foyer. — Moyens d'obtenir une combustion complète . . . . .	487
Sécheurs de vapeur et réchauffeurs d'eau d'alimentation. . . . .	488
Absorption de la chaleur par les surfaces de chauffe. — Utilité des nettoyages . . . . .	489
Rapidité de la circulation dans les tubes. . . . .	489
Production de vapeur sèche par kilogramme de charbon brûlé, ramené à l'état pur et par mètre carré de surface de chauffe. . . . .	491
<i>Economie de poids.</i> — Légèreté des générateurs à petits éléments. . . . .	492
<i>Economie de place.</i> — Faible emplacement nécessaire pour une installation . . . . .	492

	Pages
<i>Facilité de montage.</i> — Division en pièces peu pesante et de dimensions restreintes . . . . .	492
<i>Facilité de conduite.</i> — Influence du volume d'eau . . . . .	493
<i>Facilité de nettoyage.</i> — Epuration de l'eau d'alimentation et nettoyage intérieur des tubes . . . . .	493
Bouchons autoclaves et non-autoclaves . . . . .	495
Nettoyage extérieur des tubes . . . . .	495
<i>Economie dans l'entretien et facilité des réparations.</i> — Coups de feu . . . . .	496
Chevilles en métal fusible . . . . .	496
Liberté des dilations . . . . .	497
Proscription de l'emploi de la fonte ordinaire . . . . .	497
Épaisseur des tubes . . . . .	497
Vidange complète des chaudières avant leur mise en chômage.	
— Avantages des tubes et des éléments interchangeables.	
— Variétés diverses de joints . . . . .	498
<i>Production en vapeur sèche.</i> — Dispositifs servant à obtenir de la vapeur sèche . . . . .	499
<i>Régularité de marche.</i> — Difficulté particulière aux chaudières à petits éléments. — Organes automatiques d'alimentation et de tirage . . . . .	501
Détendeur à vapeur . . . . .	501
<i>Rapidité de mise en pression.</i> — Temps nécessaire pour la mise en pression . . . . .	501
<i>Economie dans le prix de premier établissement.</i> — Comparaison avec les autres types de chaudières . . . . .	501
Durée. — Résumé. — Emploi dans la marine . . . . .	502
Statistique des accidents survenus dans l'emploi des générateurs à petits éléments . . . . .	503
Chaudière Serpollet . . . . .	505
<b>Aperçu d'une étude sur le rendement des chaudières à vapeur,</b> par M. A. HUET. . . . .	507
<b>Notice historique sur l'épreuve des chaudières à vapeur,</b> par M. A. HUET. . . . .	511
<b>Note sur une chaudière à vapeur, système ROCOUR.</b> . . . .	519
<b>Note sur l'utilisation des mauvais combustibles. — Foyer à combustion méthodique. — Chargement mécanique du combustible,</b> par M. G. ALEXIS GODILLOT. . . . .	524
Principe . . . . .	524
Exemples d'installations . . . . .	526
Installations faites à l'Exposition . . . . .	532
<b>Générateur à production de vapeur instantanée, système SERPOLLET,</b> par M. G. LESOURD . . . . .	535

# INDEX ALPHABÉTIQUE

---

## A

	Pages		Pages
Adam . . . . .	45	Archambault . . . . .	261

## B

Babcock . . . . .	134	Bisschop . . . . .	10
Babilot . . . . .	242	Bohler . . . . .	356
Baldwin . . . . .	54	Bouché . . . . .	119
Barbe . . . . .	180	Bour . . . . .	453
Belleville . . . . . 84,	484	Bourdon . . . . .	304
Bénier . . . . .	9	Bouton . . . . .	218
Benz . . . . .	49		

## C

Charles . . . . .	242	Conrad Knap . . . . .	165
Charon . . . . .	33	Crossley . . . . .	22
Collet . . . . .	190		

## D

Damey . . . . .	277	De Naeyer . . . . .	98
Davey . . . . .	177	Diederichs . . . . .	42
Daydé . . . . . 119,	394	Dulac . . . . .	71
De Dion . . . . .	218	Durand . . . . .	37
Deharbe . . . . .	207	Durenne . . . . .	283
Delamare-Deboutteville . . . . .	23		

## F

Field . . . . . 272,	485	Fontaine . . . . .	153
Fives-Lille . . . . .	162	Forest . . . . . 11,	41

## G

Gaillet . . . . .	396	Gottendorf . . . . .	37
Galloway . . . . .	268	Graham . . . . .	301
Gibault . . . . .	343	Griffin . . . . .	56
Godillot . . . . . 376,	524	Guyenet . . . . .	356

## H

Huet . . . . . 507,	511		
---------------------	-----	--	--

## K

	Pages		Pages
Koerting-Lieckfeld . . . . .	43	Knap . . . . .	165

## L

Lacroix . . . . .	249	Lencauchez . . . . .	288
Lagosse . . . . .	119	Lenoir . . . . .	29
Lalbin . . . . .	47	Lesourd . . . . .	535
Laurens . . . . .	272	Lieckfeld . . . . .	43
Legat . . . . .	335		

## M

Malandin . . . . .	23	Montupet . . . . .	256
Maniguet . . . . .	249	Morelle . . . . .	242
Martini . . . . .	40	Muller . . . . .	318
Meunier . . . . .	229		

## N

De Naeyer . . . . .	98	Noël . . . . .	12
Niel . . . . .	34		

## O

Olry . . . . .	479	Otto . . . . .	13
Oriolle . . . . .	184		

## P

Parenty . . . . .	414	Petret . . . . .	301
Pasquier . . . . .	341	Pillé . . . . .	119 394
Paxman . . . . .	177	Pressard . . . . .	200
Pers . . . . .	41		

## R

Ragot . . . . .	46	Rocour . . . . .	519
Ravel . . . . .	52	Root . . . . .	168
Richard . . . . .	339	Roser . . . . .	111
Richemond . . . . .	237		

## S

Salomon . . . . .	39	Stephen Wilcox . . . . .	135
-------------------	----	--------------------------	-----

## T

Taylor . . . . .	47	Thomas . . . . .	272
Tenting . . . . .	39	Trépardoux . . . . .	218

## U

Urbain . . . . .	75
------------------	----

## W

Wackernie . . . . .	386	Wilcox . . . . .	134
Weyher . . . . .	237	Stephen Wilcox . . . . .	135

