

**Zeitschrift:** Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles  
**Herausgeber:** Société Vaudoise des Sciences Naturelles  
**Band:** 34 (1898)  
**Heft:** 129

**Artikel:** L'analyse de gaz des fumées et la combustion des calorifères à feu continu  
**Autor:** Pelet, L.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-265370>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 25.12.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

L'ANALYSE DES GAZ DES FUMÉES ET LA COMBUSTION  
DES  
CALORIFÈRES A FEU CONTINU

PAR LE  
Dr L. PELET

---

(Planche III.)

---

Les calorifères à feu continu sont utilisés chaque jour davantage et, malgré les services qu'ils rendent, ils sont le sujet de critiques assez vives, souvent fondées. Ces critiques, qui s'adressent généralement à l'ensemble de ces appareils, seraient plus restreintes et moins générales si ces derniers étaient mieux connus. Il est vrai que, jusqu'à présent, ils ont été jugés d'après leurs apparences bien plus que d'après leurs qualités ou leurs défauts réels. Bien souvent l'on met sur le compte du calorifère ce qui est le fait de la cheminée ou de l'installation. C'est donc pour asseoir la critique sur des faits précis, pour rendre service aux constructeurs comme aux consommateurs que nous avons entrepris ce travail théorique. Nous essayerons de discuter leurs avantages, soit au point de vue économique, soit au point de vue hygiénique; car il est très désirable qu'il soit fait sur les moyens de chauffage d'appartements une étude complète, analogue à celle qui s'est faite pour les foyers des générateurs de vapeur.

Depuis nombre d'années, les propriétaires des générateurs de vapeur ont soumis les appareils qu'ils utilisent à une investigation scientifique des plus approfondie, cela afin d'éviter des accidents, ou une usure trop rapide et d'obtenir une meilleure utilisation du combustible. Ces travaux, commencés en Alsace, ont été couronnés de succès et s'effectuent partout aujourd'hui; les résultats importants auxquels on est arrivé prouvent, au

point de vue de l'économie ou de la sécurité, comme à celui de la construction des foyers et des chaudières, que l'on n'a pas fait fausse route.

A diverses reprises, quelques chimistes et quelques médecins ont examiné les calorifères en tenant seulement compte de leurs conditions hygiéniques; ces travaux n'envisageant qu'un seul point de vue de la question, nous avons entrepris une étude plus générale. Le travail que nous publions aujourd'hui pose les premières bases des résultats acquis.

\* \* \*

Nous donnons ici le résumé des travaux antérieurs aux nôtres et les conclusions qui en ont été tirées.

En France, cette question fut à l'ordre du jour en 1880, et les premières études ont porté sur le poêle américain ou poêle mobile, dont l'emploi s'était répandu depuis l'exposition universelle de 1878.

Le poêle américain est un appareil à combustion lente monté sur des roulettes. Il se place devant les cheminées d'une façon très simple. On munit l'orifice de ces dernières d'une plaque de tôle percée d'un trou à la hauteur de la buse du poêle, et l'on engage l'extrémité du tuyau des fumées de l'appareil dans l'orifice en question. Cette disposition est excessivement dangereuse. Le tirage du poêle à combustion lente est par lui-même faible; il est encore affaibli en introduisant les fumées dans une cheminée très large, dont la fermeture n'est pas hermétique, où les gaz, refroidis et noyés dans une atmosphère d'air froid, peuvent aussi bien descendre que monter. C'est certainement à ce fait que furent dus un grand nombre d'accidents.

Les fumées des poêles américains ont été analysées par Boutmy, en 1880<sup>1</sup>; voici le résultat :

Oxyde de carbone . .	16.7050
Anhydride carbonique	9.34
Anhydride sulfureux .	0.0004
Azote, vapeur d'eau .	73.9546

L'auteur n'a pas indiqué la méthode de dosage qu'il a employée, ni les conditions dans lesquelles le poêle se trouvait au

<sup>1</sup> « Annales d'hygiène publique », 1880, 3<sup>e</sup> série, tome III, p. 480. — E. Boutmy, *Le poêle américain, ses dangers*.

moment de la prise de gaz, et il est permis de croire que le résultat indiqué ne représente aucunement la moyenne de la composition des gaz des fumées <sup>1</sup>.

Le Dr Brouardel et G. Pouchet ont analysé, dans la même année, les gaz des fumées d'un poêle mobile Choubersky. La disposition de ce poêle était semblable à celle du poêle américain.

Voici les résultats obtenus <sup>2</sup> :

	Petite marche, remué chaque heure.		Grande marche, non remué.
Anhydride carbonique .	12	14	13
Oxygène . . . . .	3	4	4
Oxyde de carbone . .	9	10	10
Azote . . . . .	76	72	73

Pendant plusieurs années, les poêles mobiles ou plutôt leurs installations défectueuses se signalèrent par une série d'accidents sans que les hygiénistes ou les chimistes ne leur intentent un procès en règle. C'est en 1889 que les travaux de MM. Dujardin-Beaumetz et de St-Martin d'un côté, et ceux de M. F. Marié-Davy de l'autre, reprirent cette question ; les résultats de leurs analyses furent discutés par l'Académie de médecine.

*Analyses de MM. Dujardin-Beaumetz et de St-Martin,  
en 1889 <sup>3</sup> :*

Combustion du coke.	CO <sup>2</sup> %	CO %	CO : CO <sup>2</sup>
1. Petite marche normale de jour	15.26	0.55	0.036
2. » le matin, poêle non remué . . . . .	4.00	3.94	0.985
3. Petite marche le jour, sans plaque obturatrice . . . .	16.54	0.60	0.036
4. Grande marche le jour, remué chaque heure . . . . .	9.67	1.17	0.121
5. Grande marche le matin, n'a pas été remué depuis minuit .	3.10	0.75	0.240
6. Tirage forcé . . . . .	14.20	7.20	0.507

<sup>1</sup> Ce résultat est rendu d'autant plus extraordinaire par le fait que l'oxygène serait complètement brûlé.

<sup>2</sup> *Revue d'hygiène*, 1889, p. 385.

<sup>3</sup> « Annales d'hygiène publique », *Le chauffage des habitations*, A. Chantemesse, 1890, t. XXIV, 3<sup>e</sup> série, p. 521.



Combustion de l'anthracite.	CO <sup>2</sup> %	CO %	CO : CO <sup>2</sup>
7. Marche normale de jour . . .	13.65	0.51	0.043
8.       »           de nuit . . .	5.57	2.38	0.427
9. Partie supérieure du poêle . .	9.65	1.26	0.131

*Analyses de M. F. Marié-Davy<sup>1</sup> :*

	CO <sup>2</sup> %	CO %	CO : CO <sup>2</sup>
1. Petite vitesse, chargement plein	14.05	0.72	0.055
2.       »           . . . . .	13.20	0.44	0.033
3. Refoulement par obturation .	6.00	0.64	0.105
4. Le matin, sans être remué . .	8.56	1.98	0.232

Ces résultats sont comparés à ceux d'une cheminée ordinaire (au coke), où la quantité de bioxyde de carbone a été trouvée égale à 2.87 % et celle de l'oxyde de carbone 0.32 %.

MM. Dujardin-Beaumetz et de St-Martin ont tiré de leurs analyses la conclusion suivante : la quantité d'oxyde de carbone est plus grande à la fin de la nuit et augmente avec la vitesse de combustion.

Le 5 février 1889, M. le Dr Lancereaux proposait à l'Académie de médecine d'autoriser les poêles mobiles, où le tirage soit suffisant pour transformer complètement le carbone en bioxyde de carbone, ce qui est impossible pratiquement.

Le 26 mars 1889, le Dr Vallin exprimait l'opinion qu'il valait mieux prévenir le danger par une association de protection sanitaire dans laquelle le propriétaire ou le locataire payerait une petite finance pour qu'une commission soit chargée de contrôler la salubrité et le bon fonctionnement de toutes les parties de l'habitation.

Le 27 avril 1889, le conseil de salubrité proposa les considérations suivantes : Ne pas employer les poêles économiques à faible tirage dits « poêles mobiles » dans les chambres à coucher et les pièces adjacentes. Leur emploi est dangereux dans des pièces où se trouvent des personnes d'une façon permanente, où la ventilation n'est pas assurée par des orifices constamment et directement ouverts à l'air.

Le tirage doit être garanti par des tuyaux d'une section utile et d'une hauteur suffisantes. Les orifices de charge doivent

<sup>1</sup> *Journal d'hygiène*, 1889, p. 199, et *Revue d'hygiène*, 1889, p. 385.

être clos hermétiquement et l'on doit ventiler après chaque charge.

Nous ajoutons ici le résultat d'une série d'analyses obtenues par Fischer <sup>1</sup> avec un calorifère à feu continu ; elles contiennent les observations de la température. Le thermomètre était placé dans le canal des fumées, un peu au-dessus du fourneau.

Ces analyses ont été exécutées l'une après l'autre dans le courant de la même soirée, à la 3<sup>e</sup> et à la 7<sup>e</sup> prise de gaz, il fut ajouté du combustible :

CO <sup>2</sup>	CO	O	Az	t°
12.5	0	8	79.5	240°
12.6	0	7.9	79.5	241°
11.5	0	9.1	79.4	240°
11.8	traces	8.4	79.8	201°
13.7	0	6.4	79.9	234°
14.1	0	6.2	79.7	242°
13.6	0	6.7	79.6	248°
13.5	0	6.9	79.6	206°
13.4	0	7.2	79.5	229°

Fischer a constaté qu'en ouvrant les portes du calorifère la température des gaz des fumées s'élevait rapidement, de sorte que l'on était obligé d'enlever le thermomètre, tandis que, par suite de l'élévation de la température, la teneur en anhydride carbonique diminuait constamment, comme l'indique l'analyse suivante :

Anhydride carbonique	8.4 %
Oxyde de carbone . . .	0 »
Oxygène . . . . .	12.3 »
Azote . . . . .	79.3 »
Température des gaz .	344°

Il n'est pas possible de comparer ces divers résultats, qui sont souvent contradictoires, les conditions dans lesquelles ils ont été obtenus variant considérablement d'un auteur à l'autre et d'un calorifère à l'autre. En outre, les analyses ne sont pas assez nombreuses et la conclusion tirée d'un seul fourneau a été trop facilement généralisée par l'expérimentateur.

Nous avons étudié cinq appareils différents dans des condi-

<sup>1</sup> Wagner, *Chimie industrielle*, 1892, tome II, p. 790.

tions aussi semblables que possible; nous en donnons les résultats précédés de considérations générales sur la construction et la combustion des inextinguibles et suivis d'appréciations et de conseils sur ces appareils et leurs installations.

\* \* \*

Le calorifère à feu continu se compose en principe d'une trémie cylindrique servant au chargement et à la réserve du combustible. Le combustible y est contenu en quantité variable et descend au fur et à mesure de la combustion sous l'action de la pesanteur. La partie inférieure de la trémie est une pièce d'acier réfractaire (au manganèse), portant fréquemment de fortes nervures radiales et pouvant supporter la température la plus élevée du foyer sans se détériorer sensiblement.

Le combustible tombe dans la corbeille où il est maintenu au contact de l'air qui pénètre en quantité variable par l'orifice du cendrier placé au-dessous.

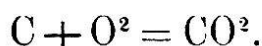
La corbeille est en acier réfractaire, comme la partie inférieure de la trémie; sa profondeur ne doit pas dépasser 0<sup>m</sup>15 dans les petits appareils et il est inutile que les barres qui la composent soient renforcées en leur milieu. L'espace entre chaque barreau ne doit être ni trop grand ni trop petit, mais égal à la largeur du barreau qui est de 1.5 cm.

La partie inférieure de la corbeille est généralement fermée par une grille circulaire et mobile qui doit être agitée de temps en temps, afin de débarrasser la corbeille de la cendre qui y est contenue.

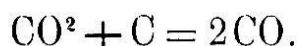
Les combustibles que l'on utilise dans ces appareils sont de l'anhracite ou du coke et à la rigueur des houilles maigres à courte flamme<sup>1</sup>. Le charbon allumé dans la corbeille se trouve en présence de l'air froid qui le pénètre et traverse la masse en le brûlant peu à peu. L'air ne peut pas traverser partout également la masse de charbon; sur les bords où l'épaisseur de la couche du combustible est minimum, il passe en plus grande

<sup>1</sup> On vend, particulièrement dans les villes, sous le nom d'anhracites, des houilles maigres à courte flamme, contenant une forte proportion de matières inertes qui augmentent les déchets compris sous le nom de cendres; ces cendres abondantes qui les rendaient inutilisables autrefois, leur donnent la faculté de brûler très lentement. Ces houilles sont très employées dans les appareils de chauffage domestique. (Denfer, *Fumisterie*, p. 21.)

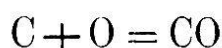
quantité à cause du moindre frottement et c'est là que se trouve la plus grande quantité d'oxygène non comburé. Là où la couche présente une épaisseur moyenne, la combustion est la plus parfaite et se fait principalement d'après l'équation



Au centre, où la couche de combustible est maximum, l'air pénètre plus difficilement; dans cette partie axiale l'air, en brûlant le charbon des couches sous-jacentes, forme surtout du bioxyde de carbone, mais dans les couches moyennes et supérieures, au contact du charbon incandescent, les conditions sont favorables à la réduction du bioxyde de carbone en oxyde de carbone d'après l'équation



En outre, l'oxyde de carbone peut se former directement par combustion incomplète du charbon



si le calorifère est mal construit et le tirage faible ou défectueux.

Il se produit aussi une action dont l'importance ne doit pas échapper, c'est la distillation partielle du combustible dans la partie inférieure de la trémie de chargement.

D'après certains modes de construction, la partie inférieure de la trémie porte, comme nous l'avons dit plus haut, de fortes nervures radiales.

Cette pièce, ainsi que les nervures, doit certainement par sa forme et sa position jouer un rôle important dans la combustion ultérieure de l'oxyde de carbone ou des gaz produits par la distillation. A son contact, les gaz incomplètement brûlés et l'oxygène contenu dans les fumées sont intimement mélangés et si cette partie inférieure de la trémie est portée au rouge vif, elle favorise une combustion plus complète.

\* \* \*

Les gaz qui s'échappent du foyer constituent les fumées. Théoriquement, pour un kilogramme de charbon pur, il devrait être admis 8.80 mètres cubes d'air pour obtenir la combustion parfaite, c'est-à-dire la transformation intégrale de l'oxygène en

bioxyde de carbone et la composition des gaz des fumées en % du volume serait 20.8 %  $\text{CO}^2$  et 79.2 % d'azote.

En pratique, dans les meilleures combustions, on constate qu'un kilogramme de combustible brûle avec 14 m<sup>3</sup> d'air au minimum et la composition des gaz des fumées varie suivant le combustible et le tirage.

Scheurer-Kestner<sup>1</sup> donne les chiffres suivants pour l'analyse complète des gaz des fumées d'une houille ordinaire brûlant normalement :

Bioxyde de carbone . . .	11.0 %
Oxygène . . . . .	6.0 »
Oxyde de carbone . . .	0.3 »
Hydrogène . . . . .	0.5 »
Carbures d'hydrogène . .	0.2 »
Azote . . . . .	74.6 »
Vapeur d'eau . . . . .	7.4 »

Les gaz des fumées contiennent, en outre, très souvent des quantités très petites d'anhydride sulfureux, d'hydrogène sulfuré et d'ammoniaque.

Nous avons eu l'occasion de constater la présence de ces gaz et leur influence dans un canal de cheminée en béton de plâtre dans le cas suivant. En 1895, un fumiste nous remettait une masse grisâtre, trouvée dans le coude d'une cheminée en béton de plâtre, en quantité suffisante pour obstruer complètement le canal des fumées. Ce produit analysé se trouvait être formé de sulfate de calcium, de sulfure d'ammonium et de suie. La présence du sulfate de calcium s'expliquait facilement ; la cheminée se refroidissait suffisamment pour condenser une partie de la vapeur d'eau des fumées. L'eau condensée dissolvait petit à petit le plâtre et la solution de gyps s'écoulait jusqu'au coude placé plus bas ; la chaleur des fumées était en ce point suffisante pour évaporer l'eau et le sulfate de calcium se déposait. La présence de ce bouchon, le coude du canal, ainsi que la basse température facilitaient la précipitation sous forme de sulfure d'ammonium des petites quantités d'hydrogène sulfuré et d'ammoniaque des gaz des fumées. A la longue, ce dépôt a augmenté tant et si bien qu'il obstruait presque complètement le canal au moment de sa reconstruction.

La présence de l'anhydride sulfureux peut être reconnue par

<sup>1</sup> Ser. *Physique industrielle*, I, p. 548.



le dosage de très grandes quantités de gaz. C'est à l'anhydride sulfureux que l'on doit attribuer l'action détériorante des fumées sur les canaux en poteries de qualités inférieures et leur action corrosive sur les canaux de fonte.

Dans le contrôle d'une chaufferie, une analyse aussi complète que celle de Scheurer-Kestner n'est pas nécessaire. Il est suffisant de déterminer la quantité de bioxyde de carbone, d'oxyde de carbone et d'oxygène dans les gaz des fumées secs.

Quant à l'hydrogène et aux hydrocarbures, leur quantité étant très faible, surtout dans la combustion de l'anthracite et du coke, on peut les négliger.

Pour la vapeur d'eau, vu les difficultés pratiques du dosage et les grandes erreurs que l'on peut faire, on préfère calculer la quantité d'eau introduite dans le fourneau à l'état d'eau hygrométrique de l'air et d'eau hygrométrique du combustible et y ajouter l'eau provenant de la combustion complète de l'hydrogène du combustible.

\* \* \*

Le dispositif que nous avons employé pour la prise des gaz est le suivant : A l'entrée du canal des fumées dans le mur, nous avons fixé un thermomètre et un tuyau d'aspiration plongeant l'un et l'autre jusqu'au milieu du canal. Le tuyau d'aspiration, sur le parcours duquel nous avons placé un flacon laveur, était relié à une trompe d'Alvergny et sur ce tuyau un embranchement établissait la communication avec la burette à gaz.

Avant de faire la prise de gaz, la trompe était mise en activité, et lorsque au bout de 3-5 minutes nous étions certains que les gaz du tuyau d'aspiration possédaient bien la composition des fumées du canal, nous ouvrons le robinet inférieur de la burette, afin de permettre l'écoulement de l'eau et sa substitution par le gaz.

La burette que nous avons utilisée est un appareil de Bunte.

Les gaz de la burette étaient à la pression atmosphérique et la température celle du laboratoire. Les précautions d'usage étant prises, l'anhydride carbonique était dosé par la potasse caustique, l'oxygène par le pyrogallate de sodium et l'oxyde de carbone par le chlorure cuivreux ammoniacal.

La différence obtenue, en déduisant du volume total la somme de l'anhydride carbonique, de l'oxyde de carbone et de l'oxygène, était comptée comme azote.

Nous avons ainsi analysé dans des conditions variées les gaz des fumées de 5 calorifères de différents modèles. Afin de rendre les résultats comparables, nous avons placé les appareils à l'étude en communication avec la même cheminée, sauf pour le calorifère H, qui communiquait avec une excellente cheminée placée dans un mur de refend.

Les conditions atmosphériques, pression barométrique, température, insolation, direction du vent, agissant de toutes façons sur les calorifères, et leur action spécifique n'étant pas encore nettement déterminée, nous ne pouvons pas attacher aux résultats obtenus toute l'importance désirable. Les comparaisons approchées et les résultats obtenus serviront de base aux travaux subséquents qui dégageront si possible l'influence de chacune des actions précitées.

\* \* \*

Le volume des fumées par kilogramme de combustible est calculé de la façon suivante : Si  $n$  représente le volume d'anhydride carbonique en %,  $p$  celui de l'oxyde de carbone par mètre cube,  $r$  la quantité de carbone non brûlé par kilogramme et  $c$  la proportion de carbone du combustible, un mètre cube de ces gaz renferme

$$10 (n + p) 0.538 + r \quad \text{kilog de carbone,}$$

et 1 kilogramme donnera  $V$  mètres cubes ou

$$V = \frac{c \times 100}{(n + p) 0.538 + r}.$$

La perte de chaleur par kilogramme de combustible s'obtient en multipliant la quantité de chaque gaz par la chaleur spécifique et par la différence des températures des gaz des fumées et de l'air.

$$P = \frac{V}{100} (t - t') \left[ n \times 0.414 + (p + a) 0.308 + 0.387 \times e \right]$$

*calories*

où  $e$  désigne le volume de la vapeur d'eau et  $a$  le volume d'oxygène; le volume de la vapeur d'eau est obtenu <sup>1</sup> par la formule

$$e = \frac{9 H + W}{100}.$$

<sup>1</sup> Muspratt, III, *Gas Analyse*, p. 1050.



où H représente le % d'hydrogène du combustible et W l'eau hygrométrique du combustible.

### 1<sup>re</sup> série d'analyses.

Cette série a été obtenue par l'analyse des gaz des fumées se dégageant d'un fourneau à repasser (fig. 1). Nous avons tenu à commencer par cet appareil, car il représente un calorifère réduit à sa plus simple expression. Réservoir à charbon, grille, cendrier, en principe tout le calorifère est là, mais sous une forme imparfaite et manquant de tout moyen de réglage. Nous devions attendre que le fourneau prenne de lui-même son état d'équilibre en tirage faible lorsqu'il brûlait mal, ou en tirage moyen normal alors que toute la masse de charbon était incandescente.

La prise de gaz et le thermomètre étaient fixés dans le tuyau, à 1<sup>m</sup>75 de la buse.

	I	II
	Tirage faible.	Tirage moyen.
Anhydride carbonique . . . . .	6.8 %	11.44
Oxyde de carbone . . . . .	1.4	0.49
Oxygène . . . . .	11.7	5.92
Azote . . . . .	80.1	82.15
CO		
CO <sup>2</sup> . . . . .	0.206	0.0437
Température des fumées . . . . .	90°	175°
Volume des fumées par kg. de		
charbon . . . . .	24.4 m <sup>3</sup> .	18.11 m <sup>3</sup> .

Dans l'essai n° 1, le fourneau marchait mal, la partie supérieure de l'anthracite était à peine rouge sombre, la couche de combustible ne mesurait que 15 cm. Dans l'essai n° 2, la couche d'anthracite était de 15-20 cm. et toute la masse était incandescente.

La perte était en moyenne de 9-10 % de la chaleur dégagée par 1 kilogramme de combustible.

Notons aussi que dans l'essai n° 2 la combustion était relativement bonne, tandis que dans l'essai n° 1 (tirage faible), la quantité d'anhydride carbonique avait considérablement diminué, tandis que l'oxyde de carbone avait augmenté dans d'assez fortes proportions.

Ce fourneau, avec lequel nous avons obtenu de bons résultats, est en lui-même défectueux, parce qu'il ne possède aucun appa-

reil de réglage, il ne ferme pas hermétiquement, aussi laisse-t-il entrer trop d'air lorsque le tirage diminue. Sa combustion ne peut être égale plusieurs heures durant qu'à la seule condition d'être rempli de combustible. Lorsque l'intensité de la combustion diminue, la masse incandescente, ne résistant pas à l'afflux d'air, s'éteint facilement.

### *2<sup>e</sup> série.*

Ce poêle, que nous désignerons par la lettre I (fig. 2), est un petit appareil à tuyau de chargement vertical. Les fumées s'élevaient à la partie antérieure dans une série de tubes de cuivre jusqu'à la partie supérieure du calorifère et descendaient à la partie postérieure par une série de tubes de cuivre jusqu'à la buse. La corbeille mesurait 20 cm. de diamètre et 10 cm. de profondeur. La prise de gaz et le thermomètre étaient fixés dans le tuyau à 3<sup>m</sup>60 de la buse. La cheminée proprement dite se trouvait placée dans le mur extérieur de la maison.

Les analyses ont été faites à des heures et des jours différents; nous les indiquons à la table 1 en les groupant d'après le tirage, en allant du tirage minimum au tirage maximum, la plus ou moins grande ouverture de la vanne d'entrée de l'air déterminant un tirage plus ou moins considérable.

Ce calorifère est théoriquement un excellent appareil, puisque la température des fumées à leur entrée dans la cheminée était en moyenne de 50°-70°; il en résulte que la perte était minime, en moyenne le 5-10 % du rendement théorique par kilogramme de combustible. Un rendement si élevé n'est utile qu'au point de vue économique; au point de vue physique, les fumées dont la température est si peu élevée ne peuvent établir un tirage actif et régulier; il en résulte, si je puis m'exprimer ainsi, que la cheminée est complètement maîtresse de l'appareil.

Nous pouvons comparer cet appareil à une machine sans volant; les moindres perturbations atmosphériques modifiaient sa marche et très souvent il s'éteignait. Comme le montrent les résultats, il ne résiste pas aux afflux d'air, la teneur en CO<sup>2</sup> des fumées et par conséquent la combustion diminuent avec un fort tirage.

Le volume des fumées par kilogramme de combustible variait de 16 à 32 m.<sup>3</sup>; ce résultat, si peu élevé, est excellent au seul point de vue économique.

Il y a toujours présence d'oxyde de carbone; les quantités ont

Résultats du calorifère I.

Tabelle 1.

No	Ouverture de la vanne.	Tempé- rature des fumées.	Anhydride carbonique	Oxyde de carbone.	Oxygène.	Azote.	$\frac{CO}{CO_2}$	OBSERVATIONS
1	Fermée.	45°	3.61	2.41	14.05	79.93	0.668	Brûle lentement. 8 h. du soir.
2	»	40°	4.61	1.75	12.82	80.82	0.369	Brûle lentement. 9 h. du soir.
3	3 tours.	57°	7.6	1.94	7.86	82.60	0.256	Vient d'être chargé.
4	»	37°	8.6	0.4	11.4	79.6	0.058	Feu ralenti.
5	4 tours.	57°	12.2	0.4	7.6	79.8	0.038	Feu plus vif.
6	5 tours.	80°	8.86	0.8	11.4	78.04	0.09	Brûle bien.
7	6 tours.	105°	8.33	2.93	11.1	77.64	0.354	Température des gaz élevée, fin de charge.
8	7 tours.	68°	7.31	0.79	12.45	79.45	0.108	Vient d'être chargé; thermomètre descendu de 120° à 68° en une demi-heure.
9	8 tours.	75°	6.17	3.38	11.56	78.89	0.548	Même condition que n° 8. 1 heure après.
10	»	95°	6.22	0.60	12.44	80.74	0.097	Même » » 8. 2 heures après.
11	Complètement ouverte.	48°	2.8	0.4	16.3	80.5	0.70	Plaque obturatrice enlevée.

varié de 0.4 à 3.38. Il paraît être en plus grande quantité, lorsque le tirage est faible, la vanne étant fermée, ainsi qu'à la fin de la nuit, comme l'indique l'analyse suivante, prise à 7 h. du matin, après que le calorifère a passé la nuit sans être remué et sans s'éteindre, malgré un fort vent S.-O.

Acide carbonique. . . . .	4.33 %
Oxyde de carbone . . . . .	1.81 %
Oxygène. . . . .	15.68 %
Azote. . . . .	78.18 %
CO : CO <sup>2</sup> . . . . .	<hr/> 0.418

La variation de la quantité de l'anhydride carbonique avec le tirage est intéressante à observer.

Tirage minimum. . . . .	3.6— 4.6 %
Tirage moyen . . . . .	7.5—12.2 %
Tirage maximum . . . . .	7.3— 2.8 %

Le meilleur effet utile pour ce calorifère était obtenu avec un tirage moyen correspondant à 3-5 tours de vanne.

### 3<sup>e</sup> série.

Ce calorifère, que nous désignons par H (fig. 3), est formé d'une corbeille de 25 cm. de diamètre et 12 cm. de profondeur. L'anthracite tombait d'une trémie de chargement verticale dans la corbeille et les fumées étaient dirigées directement dans le canal d'évacuation. L'enveloppe extérieure de ce calorifère était munie, outre la vanne qui fermait le cendrier, de 7 portes mobiles garnies de fenêtres de mica. Aucune de ces portes ne fermait hermétiquement.

Le canal de cheminée, installé dans un mur de refend, subissait peu l'action de l'atmosphère extérieure; il était en très bon état et tirait excessivement bien.

La prise des gaz et le thermomètre étaient placés dans le canal, à l'entrée de la cheminée, à 3<sup>m</sup>80 de la buse du fourneau.

Nous indiquons les principaux résultats obtenus à la table 2. Ils sont indiqués en allant du tirage minimum au tirage maximum.

Le volume des gaz des fumées varie de 37 à 65 m.<sup>3</sup> par kilogramme de combustible, le chiffre moyen est de 57 m.<sup>3</sup>. La température des gaz à l'entrée du canal de cheminée varie de 70° à

Résultats du calorifère H.

Table 2.

N°	Vanne.	Tempé- ture.	Anhydride carbonique Vol %	Oxyde de carbone. Vol %	Oxygène. Vol %	Azote. Vol %	CO CO <sup>2</sup>	OBSERVATIONS
1	Fermée.	105°	1	0.6	19.2	79.2	0.6	10 h. matin. Va bien. Nettoyé depuis 2 heures.
2	»	108°	1.8	1.6	17.00	79.6	0.888	10 h. matin. Battu depuis 1/2 heure.
3	1 tour.	109°	2.67	0.8	18.52	78.1	0.296	4 h. soir. Chargé depuis 2 heures.
4	»	124°	2.99	1.16	16.1	79.7	0.387	11 1/2 h. matin. Brûle mal. Vient d'être chargé.
5	2 tours.	104°	3.63	0.8	16.3	79.27	0.220	6 h. soir. Chargé depuis 1 heure.
6	»	115°	3.56	1.19	17.4	77.85	0.333	1 h. soir. Battu depuis 1 heure.
7	3 tours.	124°	3.6	1.00	17.7	78.7	0.28	4 h. soir. Marche normale. Mêmes conditions.
8	4 tours.	148°	3.12	0.9	15.68	80.2	0.29	5 h. soir. Va bien. Allumé depuis 2 heures.
9	5 tours.	178°	3.4	1.00	15.0	80.6	0.295	Brûle bien, 1 h. soir.
10	6 tours.	118°	3.58	1.59	15.1	79.73	0.444	2 h. soir. Vient d'être chargé. Brûle plus lentem.
11	8 tours.	109°	3.56	1.39	16.02	79.03	0.389	3 h. soir. Va bien. Chargé depuis 1 heure.
12	12 tours.	110°	3.03	0.98	16.5	79.49	0.323	12 h. jour. Chargé depuis 3 heures.
13	»	140°	3.71	2.15	14.9	79.24	0.580	10 h. matin. Nettoyé depuis 1 heure.
14	Grand ouvert.	124°	2.28	1.2	17.4	79.12	0.526	5 h. soir. Brûle très bien.
15	»	148°	2.35	1.00	16.3	80.35	0.426	6 h. soir. Brûle moins fort.
16	»	230°	3.1	1.1	13.07	81.9	0.335	7 h. soir. Brûle très bien.

200°, en moyenne de 105 à 125°. La perte, très considérable, est de 17 à 30 %.

Comme l'indiquent les résultats obtenus, ce calorifère est très défectueux. La combustion varie à peine avec n'importe quel tirage.

Pour le tirage minimum, nous obtenons de 1 — 3 %  $\text{CO}^2$

Avec le tirage moyen . . . . . 3 — 3.6 %  $\text{CO}^2$

Avec le tirage maximum. . . . . 3.6 — 2 %  $\text{CO}^2$

Nous croyons pouvoir attribuer ce fait à ce que ce calorifère était accouplé à une cheminée excellente, à fort tirage, ne subissant que très peu l'influence de l'air froid extérieur, puisqu'elle était placée dans un mur de refend. D'un autre côté, le fourneau était, comme nous l'avons vu, muni de 7 portes ne fermant pas hermétiquement. Il s'ensuit que l'air entraînait en grande quantité dans l'appareil, mais qu'une faible partie pénétrait le charbon et prenait part à la combustion. L'air employé à la combustion ne devant pas dépasser 40 m.<sup>3</sup> par kilogramme de combustible, nous pouvons considérer ce poêle bien plus comme un excellent ventilateur que comme un bon appareil de chauffage.

La quantité d'oxyde de carbone était beaucoup plus grande que dans n'importe quel autre fourneau soumis à notre examen; elle varie de 0.6 à 2.3, ce qui est énorme comparé à la petite quantité de bioxyde de carbone formée, aussi le rapport  $\text{CO} : \text{CO}^2$  s'élève à 0.22 au minimum et 2 au maximum.

Les chiffres suivants donnent le résultat de deux analyses faites le matin, alors que le calorifère n'avait pas encore été touché :

	I	II
Anhydride carbonique . . . . .	1 %	1.19 %
Oxyde de carbone. . . . .	2 %	2.37 %
Oxygène . . . . .	18.3 %	18.42 %
Azote . . . . .	78.7 %	78.1 %
$\text{CO} : \text{CO}^2$ . . . . .	2	2
Température . . . . .	72°	58°

Comme dans la série d'essais n° 2, nous constatons que l'anhydride carbonique est maximum avec le tirage moyen.

Nous avons aussi remarqué dans cette série comme dans les autres que la quantité de bioxyde de carbone est plus grande au milieu de la journée.

La température des gaz augmente avec le tirage, elle est aussi



très élevée quand la quantité de combustible diminue. Ceci est d'ailleurs un phénomène général à tous les poêles à feu continu; lorsqu'il ne reste plus qu'une quantité insuffisante d'anthracite et que ce dernier est porté au rouge, la température des gaz s'élève continuellement jusqu'à un maximum qui dépend de chaque appareil.

#### 4<sup>e</sup> série.

Le calorifère que nous avons utilisé dans cette série d'essais et que nous désignons par B (fig. 4) est un appareil de hauteur moyenne dont la corbeille a 25 cm. de diamètre; les gaz de la combustion en tirage direct s'échappent directement dans la buse de dégagement et en tirage indirect s'élèvent dans le fût par un canal spécial à la partie antérieure et redescendent par un canal analogue à la partie postérieure, puis s'échappent par la buse. Le canal des fumées à l'intérieur du calorifère est revêtu extérieurement d'un manchon d'argile autour duquel l'air froid circule, se réchauffe et s'échappe dans l'atmosphère de la chambre. Au centre, se trouve la trémie de chargement verticale, entourée par une circulation d'air, qui la sépare complètement des canaux où circulent les fumées.

La cheminée qui correspondait à l'appareil était la même que dans les séries 1 et 2, elle est placée dans un mur extérieur et exposée au levant. La prise des gaz et le thermomètre étaient fixés dans le canal à l'entrée de la cheminée dans le mur, à 3<sup>m</sup>60 de la buse.

Les principaux résultats obtenus sont consignés à la table 3.

Le calorifère utilisé dans cette série d'essais représentait réellement l'appareil à feu continu ou inextinguible, car pendant les deux mois que nous l'avons eu en expérience il ne s'est jamais éteint; étant plus volumineux, il brûlait une quantité de combustible un peu supérieure aux autres poêles, mais de tous, c'est celui qui nous a donné les meilleurs résultats et que nous considérons comme le meilleur.

Le volume des gaz des fumées a varié de 16.6 à 46 mètres cubes par kilogramme de combustible (moyenne 20 m.<sup>3</sup>). D'une façon générale, les résultats montrent que la température des fumées à l'entrée de la cheminée augmente du tirage minimum au tirage maximum. Elle a varié de 36° à 138°; elle augmente aussi au fur et à mesure que la quantité de combustible diminue dans la trémie de chargement (essais n° 17 à n° 21). La perte



## Résultats du calorifère B.

Tabelle 3.

N°	Vanne.	Tempé- rature.	Anhydride carbonique Vol %	Oxyde de carbone. Vol %	Oxygène. Vol %	Azote. Vol %	CO CO <sub>2</sub>	OBSERVATIONS
1	Fermée.	40°	3.0	1.0	16.1	79.9	0.33	9 h. 50 matin. Tirage indirect. Chargé dep. 2 h.
2	»	50°	3.6	0.4	15.9	80.1	0.11	3 h. 15 soir. Pas touché depuis 6 heures.
3	»	45°	3.35	0.4	16.3	79.95	0.119	4 h. soir. Battu il y a $\frac{3}{4}$ d'heure.
4	»	38°	4.7	0.7	15.1	79.5	0.15	8 h. soir. Chargé depuis 4 heures.
5	$\frac{1}{2}$ tour.	33°	5.54	1.19	13.5	79.77	0.240	10 h. 30 matin. Chargé depuis 1 heure.
6	»	32°	4.92	1.37	13.6	80.11	0.260	11 h. 15 matin. Brûle lentem., chargé dep. 1 $\frac{1}{2}$ h.
7	»	28°	5.11	0.98	15.13	78.78	0.194	2 h. 55 soir. Nettoyé 40 min. avant.
8	»	31°	4.88	2	14.8	78.32	0.416	3 $\frac{1}{2}$ h. soir.
9	»	29°	5.8	0.8	13.0	80.4	0.138	4 h. 10 soir. Corbeille à demi pleine.
10	»	28°	4.2	1.8	14.4	79.6	0.429	4 h. 50 soir. Corbeille à demi pleine.
11	»	28°	5.6	1.6	12.2	80.6	0.285	5 h. 20 soir. Fin de charge.
12	1 tour.	45°	8.16	2.39	9.96	79.49	0.293	2 h. 15 soir. Chargé depuis 4 heures.
13	»	68°	6.9	1.85	10.7	80.55	0.26	4 h. 20 soir. Chargé depuis $\frac{1}{2}$ heure.
14	1 $\frac{1}{2}$ tour.	46°	9.2	0.6	10.0	80.2	0.06	9 h. 20 soir. Chargé depuis 2 heures.
15	»	80°	10.4	1.6	9.8	78.2	0.154	12 h. jour. Tirage direct, chargé depuis 3 h.
16	»	75°	10.4	2.8	7.6	79.2	0.27	5 $\frac{1}{2}$ h. soir. Tirage indirect. Vient d'être chargé.
17	2 tours.	85°	10.7	3.6	7.8	77.9	0.337	1 h. 35 soir. Chargé depuis 1 heure.
18	»	90°	10.7	1.9	8.0	79.4	0.183	2 h. 20 soir. Battu $\frac{1}{2}$ heure auparavant.
19	»	91°	11.4	2.9	7.4	78.3	0.269	3 h. 10 soir. »
20	»	94°	11.8	1.2	7.4	79.6	0.11	3 h. 45 soir. »
21	»	100°	13.0	0.8	9.4	76.8	0.07	5 h. 10 soir. »
22	»	93°	10.4	3.0	7.2	79.4	0.29	4 h. 50. Chargé depuis $\frac{1}{2}$ heure.
23	2 $\frac{1}{2}$ tours.	107°	12.2	2.6	6.4	78.8	0.22	11 h. 55. Tirage direct.
24	»	88°	11.4	2.2	7.0	80.4	0.19	5 h. soir. Tirage indirect. Corbeille à demi pleine.
25	3 tours.	111°	10.8	1.57	5.3	82.33	0.146	5 h. 30 soir. Chargé depuis 2 heures.
26	»	61°	10.9	1.4	6.1	81.6	0.13	9 h. 50 soir.
27	4 tours.	138°	13.2	0.8	4.6	81.4	0.06	10 h. 50 soir. Tirage direct.
28	5 tours.	62°	9.2	4.8	7.2	78.8	0.502	11 $\frac{1}{2}$ h. matin. Tirage direct.
29	6 tours.	70°	9.2	4.6	7.5	78.7	0.5	11 h. mat. Tirage direct. Chargé de grésil d. 1 h.
30	»	85°	11.5	1.4	6.8	80.3	0.121	10 h. soir. Tirage direct. Chargé depuis 2 h.
31	8 tours.	113°	13.2	1.0	7.3	78.5	0.07	5 $\frac{1}{2}$ h.
32	Tout ouvert.	55°	9.8	1.6	8.6	80.0	0.162	10 h. 30 s. Enlevé la plaque obturatrice.

est de 10 % en moyenne. Ces valeurs peuvent être qualifiées de normales aussi bien que le volume des fumées par kilogramme de combustible.

Ce poêle, qui n'avait aucune porte superflue, se distingue des autres par l'effet immédiat et constant de son réglage sur la combustion.

La quantité d'anhydride carbonique était pour :

le tirage minimum .	3.6 % CO <sup>2</sup>
le tirage moyen . .	9—12 % CO <sup>2</sup>
le tirage maximum .	9—13 % CO <sup>2</sup>

Nous constatons donc pour cet appareil une grande constance dans la combustion et, ce qui est important, la quantité d'anhydride carbonique diminue à peine avec la complète ouverture de la vanne.

Avec un afflux d'air considérable, la combustion ne diminue pas ; elle est activée.

Quant à l'oxyde de carbone, nous ne pouvons qu'enregistrer des variations continuelles dans sa formation et, pour le moment du moins, nous n'en pouvons expliquer la cause. Cependant, une série d'analyses nous a permis de constater un résultat intéressant. Ayant complètement rempli le calorifère d'anthracite, nous avons analysé les gaz des fumées sans ajouter de combustible jusqu'à ce que la charge soit complètement épuisée. Nous tenons à mettre le résultat en évidence dans le tableau suivant.

Le fourneau a été chargé à 11  $\frac{1}{2}$  heures. Quelques minutes après la charge, la température des fumées était à 40°.

N <sup>os</sup>	Heures après la charge	CO <sup>2</sup> %	CO %	Température	$\frac{CO}{CO^2}$
1	1	9.4	3.2	68°	0.347
2	1 $\frac{1}{4}$	10.23	3.4	83°	0.333
3	2	10.7	3.6	85°	0.337
4	3	10.7	1.9	90°	0.183
5	3 $\frac{1}{2}$	11.4	2.9	91°	0.263
6	4	11.8	1.2	94°	0.11
7	5	11.0	0.8	92°	0.07
8	5 $\frac{1}{2}$	13.0	0.8	100°	0.06
9	6	11.7	1.2	94°	0.1

Dans les trois premières analyses, alors que le calorifère était nouvellement chargé, la quantité d'oxyde de carbone est maxi-

mum, 3.2—3.6. Ce résultat peut s'expliquer par le fait que le charbon distille, et les gaz provenant de la distillation, incomplètement brûlés, donnent naissance à une plus grande quantité d'oxyde de carbone.

Une fois la distillation partiellement terminée, la quantité de CO n'est plus que 1.9, 2.9 et 1,2 %.

Dans les essais n<sup>os</sup> 7 et 8, il ne restait plus de combustible dans la trémie de chargement, toute la masse était portée au rouge vif, mais elle était en contact avec la couronne à nervure qui termine la trémie et cette couronne était portée au rouge vif. Dans ces deux cas, la quantité d'oxyde de carbone n'était que de 0.8 %. Enfin dans la dernière analyse la corbeille n'était plus qu'à moitié pleine et la couronne qui termine la trémie s'était refroidie. CO = 1,2 %.

Faut-il voir dans ces résultats une influence particulière due à la couronne portée au rouge, où celle-ci provoquerait la combustion du mélange d'oxyde de carbone et d'oxygène à leur sortie du foyer, tandis que lorsque la couronne est refroidie cette combustion ultérieure ne se produirait pas ? Cette question ne peut être résolue que par des recherches ultérieures ; nous tenons à la poser maintenant, mais nous croyons que l'influence de la couronne à nervure ne doit pas être considérée comme nulle. La température s'est élevée à mesure que la charge diminuait.

Les analyses des fumées exécutées au commencement de la journée, alors que le calorifère avait brûlé lentement la nuit durant et qu'il n'avait pas encore été nettoyé ou rechargé, ont donné les résultats suivants :

	I	II
Anhydride carbonique	4.8 %	4.2 %
Oxyde de carbone . .	0.4 %	1.4 %
Oxygène . . . . .	16.6 %	13.6 %
CO : CO <sup>2</sup> . . . . .	0.07	0.33
Température . . . . .	36°	38°

Ce résultat est tout à l'avantage de ce calorifère, si on le compare avec les précédents, dans lesquels la quantité d'oxyde de carbone était relativement beaucoup plus considérable à la fin de la nuit.

En somme, cet appareil prouve qu'il y a progrès dans la construction des calorifères à feu continu ; c'est, de tous ceux que nous avons examinés, celui qui donne les meilleurs résultats.

*5<sup>e</sup> série.*

Le calorifère V (fig. 5), avec lequel nous avons fait la 5<sup>e</sup> série d'essais, est formé d'un fût cylindrique garni de matériaux réfractaires. A la partie supérieure se trouve une porte à fermeture non hermétique destinée à l'introduction du combustible. La corbeille mesure 20 cm. de diamètre et 10 cm. de profondeur, et les gaz de la combustion s'élevaient dans le fût en traversant toute l'épaisseur du combustible avant d'atteindre la buse placée à la partie supérieure. Cet appareil est très simple et, comme les résultats suivants le montrent, la combustion est moins complète que dans le calorifère B. (V. table 4).

La quantité d'anhydride carbonique formée augmente du tirage minimum au tirage moyen et diminue avec le tirage maximum. La valeur maximale est de 8 %  $\text{CO}^2$  correspondant à une ouverture de 2 tours de vanne. Ce résultat ne doit pas nous étonner; en effet, nous avons dit qu'à la partie supérieure de ce poêle se trouvait la porte de chargement à fermeture non hermétique. L'air froid est aspiré continuellement par cette porte, surtout lorsque le tirage est très faible ou très considérable; il dilue ainsi les gaz des fumées. Il en résulte que cet appareil, comme nous l'avons déjà vu pour le calorifère H, jouait le rôle de ventilateur, mais c'est un ventilateur qu'il est impossible de régler, et s'il y a retour des fumées, les gaz pénètrent plus facilement dans l'appartement par cette même voie.

La quantité d'oxyde de carbone était minimum à la fin ainsi qu'au commencement de la charge, alors que la couche de combustible n'était pas encore portée à l'incandescence; elle s'élevait quand les gaz devaient traverser une grande couche de combustible incandescent. La température n'a varié que dans de faibles limites; elle est maximum lorsque le fourneau est presque vide et minimum lorsqu'il vient d'être chargé; nous n'avons pas constaté d'élévation sensible de la température avec l'augmentation du tirage; ce fait s'explique par la dilution des gaz des fumées par l'air froid lorsque le tirage augmente.

Le volume des gaz des fumées a varié de 20.2 à 51.3 mètres cubes par kilogramme de combustible et la perte s'élevait à 30.7 % du rendement théorique.

\* \* \*

Il ressort tout d'abord de ce travail que si les conditions générales et les lois auxquelles obéit la combustion dans les

Résultats du calorifère V.

Tabelle 4.

N°	Vanne.	Tempé- rature.	Anhydride carbonique	Oxyde de carbone	Oxygène.	Azote	$\frac{\text{CO}}{\text{CO}^2}$	OBSERVATIONS
1	Fermée.	68°	2.7	0.9	16.6	79.2	0.33	6 h. matin. N'a pas été touché de la nuit.
2	»	40°	4.4	0.4	16.0	79.2	0.09	8 h. matin. Vient d'être chargé.
3	1 tour.	50°	4.2	1.2	15.6	79.0	0.29	3 h. Chargé depuis 2 heures.
4	1 ½ tour.	60°	6.8	2.0	12.8	78.4	0.3	4 h. soir. Chargé depuis 3 heures.
5	2 tours.	40°	8.0	1.2	13.2	77.6	0.15	9 h. soir. Vient d'être chargé.
6	4 tours.	40°	6.6	2.4	11.0	80.0	0.36	9 h. 30. Chargé depuis 1 heure.
7	5 tours.	45°	6.4	2.2	11.0	80.4	0.34	4 h. soir. Chargé depuis 4 heures.



poêles à feu continu sont les mêmes, les résultats diffèrent d'un appareil à l'autre dans des limites souvent très considérables, et l'on ne peut porter un jugement uniforme et général sur ces appareils de chauffage sans être, suivant le cas, ou trop ou pas assez sévère.

En résumé, nous pouvons conclure que la combustion dans les calorifères à feu continu dépend de leur construction et de leur installation. Il est difficile de généraliser les résultats et nous nous bornons à constater qu'il y a toujours présence de petites quantités d'oxyde de carbone dans les gaz des fumées; sa formation est plus considérable à la fin de la nuit; elle dépend du tirage, de l'épaisseur et de la température de la couche de combustible dans la corbeille.

La quantité d'anhydride carbonique varie avec le tirage; dans les bons appareils, elle augmente graduellement avec la plus grande ouverture de la vanne.

La température des gaz des fumées ne doit être ni trop élevée, ni trop basse; il est préférable qu'elle se maintienne à une température moyenne de 80° à 120°, afin d'assurer un tirage convenable.

Le volume des gaz des fumées dans un bon calorifère ne doit pas dépasser les limites comprises entre 16 et 30 mètres cubes par kilogramme de combustible et la perte de chaleur ne doit pas s'abaisser au-dessous de 10%, ni s'élever au-dessus de 15% du rendement théorique.

\* \* \*

## CONCLUSIONS

Les calorifères à feu continu ont été si vivement critiqués, que nous croyons utile de compléter cette étude en discutant dans les pages suivantes les avantages, les inconvénients et quelques-unes des conditions de combustion des calorifères.

Le principal avantage des calorifères à feu continu et la cause de leur succès est la réalisation pratique du chauffage central dans tous les appartements, grands ou petits.

Chez nous, ils ont chassé et remplacé petit à petit les fourneaux à bois, et à la place de deux, trois, quatre ou cinq fourneaux à bois, on n'utilise plus qu'un seul calorifère. Il en est résulté une économie considérable, qui représente plus des trois quarts de la dépense que nécessitaient les anciens fourneaux. L'entre-

tien et l'allumage se sont trouvés réduits dans les mêmes proportions.

De plus, ils réalisent un chauffage continu et donnent une chaleur douce et constante dans tout l'appartement, tandis qu'avec les fourneaux à bois qui n'étaient allumés que quelques heures par jour et jamais tous à la fois la température variait d'une heure à l'autre et d'une chambre à l'autre.

L'antracite ou les houilles maigres qui sont les combustibles les plus utilisés sont beaucoup moins coûteux que le bois et ils possèdent à volume égal une puissance calorifique supérieure.

Puissance calorifique de 1 kg. d'antracite = 8000 calories

» » de bois sec = 4000 »

On a reproché aux calorifères à feu continu de dessécher l'air des appartements; ceci se produit surtout dans les appareils qui ne possèdent pas de revêtement d'argile et où l'on active trop la combustion. On remédie d'ailleurs facilement à cet inconvénient en plaçant sur le fourneau un vase métallique plein d'eau; ce dispositif est inutile dans les appareils bien construits.

Comme pour la plupart des appareils de chauffage, le principal désavantage des calorifères à feu continu provient surtout de la formation de l'oxyde de carbone. Cette production représente une perte de la puissance calorifique, puisque

1 kg. de charbon qui se transforme en $\text{CO}^2$ produit 8000 calories, et	
1 kg. » » CO »	2400 »

Différence, 5600 calories.

La production de CO est relativement minime dans les *nouveaux appareils à combustion active, mais localisée*; au contraire, dans les premiers poêles (poêles mobiles, etc.), où l'on brûlait une grande masse de combustible en présence d'une faible quantité d'air, la quantité d'oxyde de carbone et par conséquent la perte produite était beaucoup plus considérable.

L'inconvénient majeur dû à la production d'oxyde de carbone provient de sa toxicité; respiré à la dose de  $\frac{1}{4000}$ , il est mortel.

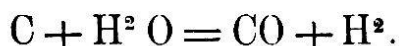
Pendant la journée, l'appareil, quel qu'il soit, est sans danger, s'il est surveillé et si la cheminée est bien construite; mais pendant la nuit, pour les appareils de construction relativement défectueuse, le danger peut exister, puisque la combustion est ralentie et que les fumées à basse température ne circulent plus que très lentement dans les canaux; la moindre cause peut alors provoquer la descente des gaz dans les canaux.



Pour éviter le danger, on a conseillé de placer le calorifère dans un vestibule et jamais dans une chambre; on a aussi recommandé d'éteindre le calorifère la nuit.

Ces mesures, destinées à rassurer le public, ne diminuent aucunement le danger; dans le premier cas si, pour une cause ou pour une autre, le tirage, déjà très lent habituellement, diminue encore ou même se renverse, les gaz des fumées descendent au lieu de monter et pénètrent dans le vestibule, diffusent dans les différentes chambres et produisent leurs effets toxiques. Si l'on doit placer le calorifère dans le vestibule, c'est bien plus pour la commodité du chauffage central que pour toute autre raison.

En laissant éteindre le calorifère à la fin du jour, le danger est encore plus grand, surtout si le matériel de la cheminée qui fait suite au calorifère est bon conducteur de chaleur. Une fois le poêle éteint, les fumées contenues dans les canaux se refroidissent et stationnent et il suffira de peu de chose (haute pression barométrique, vent plongeant, densité des fumées plus grande que celle de l'air) pour que ces gaz redescendent dans l'appartement. Dans l'extinction du calorifère en s'aidant de projections d'eau froide on augmente encore le danger, car l'eau en réagissant sur le charbon incandescent produit de l'oxyde de carbone d'après la réaction :



Il se forme encore une certaine quantité d'hydrogène sulfuré, caractérisé par son odeur puante.

\* \* \*

Nous pensons que lorsque l'on est en présence d'un bon calorifère (même d'un médiocre), s'il est relié à une *bonne cheminée*, il n'y a aucun danger, en prenant soin toutefois de ne pas fermer complètement la vanne d'entrée de l'air pour la nuit, afin d'assurer une combustion faible mais suffisante pour maintenir les gaz des fumées à une température de 50 à 60° environ.

La question de la cheminée est à notre avis de toutes la plus importante et c'est malheureusement celle dont on s'occupe le moins.

Par sa nature, la cheminée est immeuble, elle est cachée, il est difficile de se rendre compte de ses défauts et plus difficile encore de les réparer. Les propriétaires consciencieux prennent soin des cheminées au même titre que n'importe quelle

partie de la maison; ils consulteront leur architecte pour la moindre réparation, si petite soit elle; ils savent que l'on ne peut attacher une trop grande importance aux canaux de fumées.

Dans beaucoup de maisons, et c'est le plus grand nombre, les cheminées n'étant pas visibles, on ne s'inquiète nullement de leur état; elles sont entretenues tant bien que mal par le ramoneur, arrangées si cela est ultra-nécessaire par un maçon et si elles fonctionnent mal, la faute en sera attribuée au seul appareil de chauffage. On tourne, il est vrai, dans un cercle vicieux dont il est difficile de sortir; en théorie, la cheminée est faite pour l'appareil de chauffage; en pratique, on place un appareil de chauffage à n'importe quelle cheminée.

Nous ne pouvons assez insister sur les avantages que présente une bonne cheminée; nous en avons fait l'expérience pendant de longues années et nous citons l'exemple du calorifère H. Cet appareil, comme nous l'avons vu par nos essais, est très mauvais, mais il est relié à une cheminée excellente de petit diamètre, placée dans un mur de refend et, depuis douze ans qu'il fonctionne, il n'a jamais occasionné le moindre accident et n'a jamais produit la moindre odeur provenant des produits d'une mauvaise combustion, qui accompagnent et accusent la présence de l'oxyde de carbone.

Au contraire, le calorifère B, qui est un excellent appareil, nous inspirait moins de confiance, parce qu'il était relié à une cheminée détestable, très large, placée dans un mur extérieur, qui servait de canal d'évacuation aux produits gazeux de quatre fourneaux-potagers, trois calorifères et à trois ventelles de ventilation. Une cheminée pareille ne doit offrir aucune sécurité, à moins que tous les appareils ne fonctionnent ensemble et continuellement.

Théoriquement, il devrait exister pour chaque appareil de chauffage une cheminée correspondante et la section ne devrait pas être supérieure à celle des tuyaux.

En pratique, il n'en est pas ainsi et l'on constate le plus fréquemment que plusieurs tuyaux de poêle aboutissent dans un seul canal. En elle-même, cette dernière disposition n'est pas défectueuse si tous les appareils de chauffage fonctionnent simultanément ou si l'on prenait soin d'entretenir le tirage à la partie inférieure de la cheminée par une flamme de gaz ou tout autre moyen. Mais ces conditions ne sont que très rarement remplies, et si l'un des fourneaux est en activité, tandis que les

autres ne fonctionnent pas, il se produira une descente des fumées dans le canal resté froid. Ce phénomène se produira d'autant plus facilement que le tirage sera plus faible, par conséquent le danger existera de nuit plutôt que de jour.

La cheminée où viennent aboutir les tuyaux de plusieurs poêles doit être de section suffisante pour que la fumée s'échappe librement, mais dans bien des cas la section est trop considérable et il suffit d'un vent plongeant pour qu'il se produise des remous ou deux courants contraires à l'intérieur du canal.

Il serait donc infiniment préférable que les architectes construisent une cheminée pour chaque fourneau, la section de la dite cheminée ne dépassant pas la section des tuyaux qui y aboutissent. A tous les points de vue, la cheminée placée dans un mur de refend est supérieure à celle située dans le mur extérieur. Ces dernières subissent toutes les influences des conditions atmosphériques externes, telles le froid, l'insolation et le vent.

Il nous reste un dernier mot à ajouter sur l'installation d'un calorifère à feu continu dans une maison vieille de quelque vingt ans. Au moment de la construction, le chauffage au bois était seul utilisé, chaque chambre possédait son fourneau et son canal de cheminée propre. En remplaçant les fourneaux à bois par un calorifère placé dans le vestibule, on doit nécessairement utiliser l'une des cheminées existantes. Laquelle choisit-on généralement? Permettra-t-on à l'appareilleur d'utiliser le canal qui lui paraît le mieux construit et le mieux exposé. Non, car personne ne souffrirait que le tuyau du calorifère traversât une des chambres de long en large, et s'il n'y a point de canal de cheminée aboutissant dans le vestibule même, afin de ne pas déparer une chambre, on imposera au fumiste de conduire le tuyau d'évacuation du calorifère dans le canal de cheminée de la cuisine. Si les deux appareils fonctionnent simultanément, tout va bien et le tirage s'établit normalement, mais si le poêle fonctionne seul, la nuit par exemple, et si les conditions atmosphériques sont défavorables, il se produira facilement un retour de gaz par le fourneau de la cuisine, comme nous l'avons indiqué plus haut.

Un cas pareil se rencontre fréquemment et les reproches que suscitera cet inconvénient s'adresseront le plus souvent au calorifère et non à l'installation défectueuse.

Sans vouloir faire ici une étude des cheminées, nous ferons

ressortir certains points qui sont en rapport avec notre travail.

Les conditions météorologiques ont une très grande influence sur la marche des cheminées, et, malgré un examen attentif de l'état de l'atmosphère (pression barométrique, soleil, vent, température, pluie ou neige), il ne nous a pas été possible, dans l'exécution de ce travail, de faire la part qui revient à chacune de ces influences et de dégager l'action qu'elles ont dans chaque cas sur la marche d'un calorifère.

Les cheminées sont construites en maçonnerie, poterie, poterie de fonte ou béton de plâtre. Ces dernières sont peu résistantes, elles sont dégradées par les gaz des fumées ainsi que par la vapeur d'eau qui se condense partiellement sur leur parois <sup>1</sup>.

Les canaux de poterie de fonte sont plus résistants, leur principal défaut réside dans leur grande conductibilité; ils subissent facilement les variations de la température extérieure, surtout s'ils sont placés dans un mur extérieur et, en se refroidissant, ils ralentissent la montée des gaz.

Les canaux de poterie doivent être de bonne qualité, en terre de Bourgogne, non glacée, ni vernie. Si l'argile qui a servi à la fabrication de la poterie est marneuse, la destruction en sera rapide, grâce à l'action de l'anhydride sulfureux et de l'eau sur le carbonate de chaux <sup>2</sup>.

Au point de vue de la ventilation, un calorifère normal, par exemple le poêle B, évacuait au minimum un volume d'air égal à celui qu'il devait chauffer. Il brûlait 10 kilogrammes de combustible par jour; à 16 mètres cubes d'air par kilogramme nous obtenons 160 mètres cubes alors que l'appartement qu'il devait chauffer avait une capacité de 150 mètres cubes. En comparant ces chiffres à ceux obtenus avec une cheminée française, on trouvera que c'est peu; nous pensons que les cheminées françaises constituent d'excellents ventilateurs, mais sont de très mauvais appareils de chauffage.

Le calorifère à feu continu est utile en ce qu'il chauffe tout d'abord; la ventilation est ici secondaire, et si la ventilation naturelle par les murs, les joints des portes et des fenêtres ne suffit pas, on peut installer un appareil de ventilation spécial, ce qui

<sup>1</sup> Voir page 251.

<sup>2</sup> Cf. Brunner, *Wochenschrift der Chemie und Pharmacie*. Weber, *die Werthbestimmung der Dachschiefer*, n° 10. 1889.

# Coupe schématique des calorifères à feu continu.

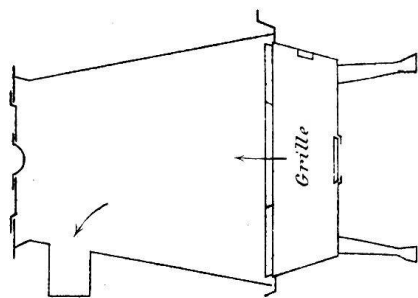


Fig. 1

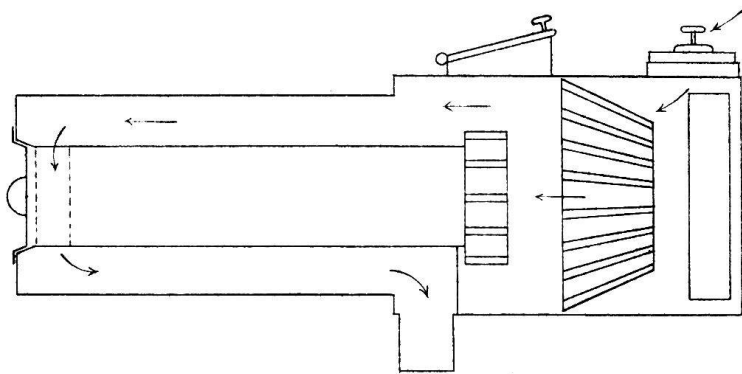


Fig. 2

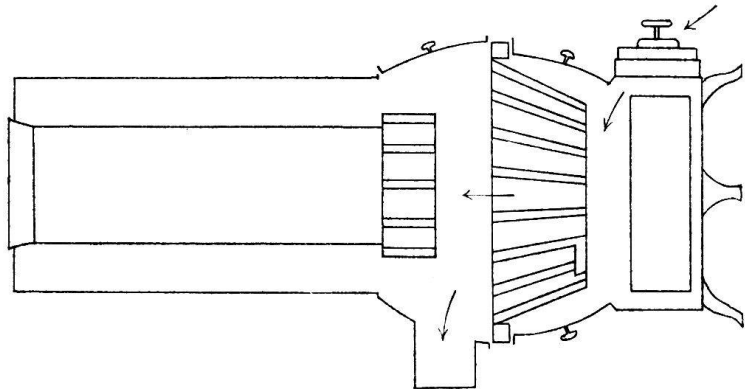


Fig. 3

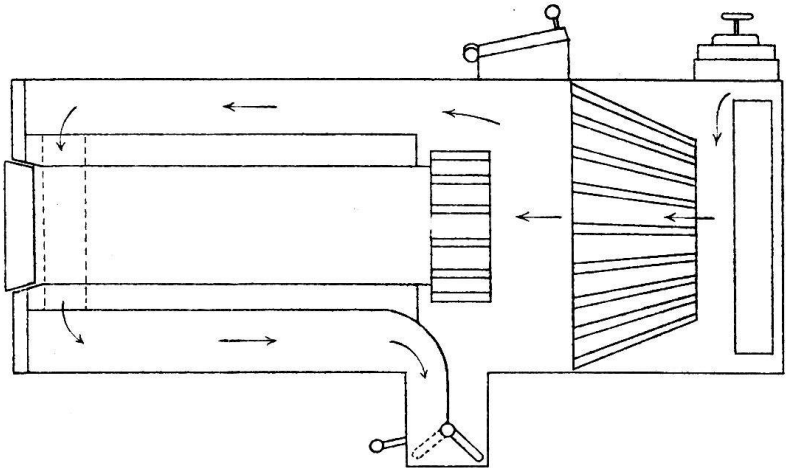


Fig. 4

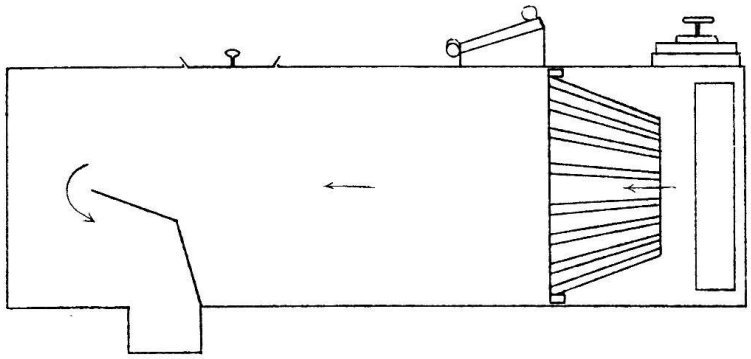


Fig. 5



n'est d'ailleurs pas nécessaire dans les petites installations, où les portes et les fenêtres sont fréquemment ouvertes.

Nous croyons donc que les critiques dirigées contre les calorifères à feu continu sont très exagérées et cela pour deux raisons : la première, c'est qu'il y a progrès constant dans la fabrication et l'installation des calorifères ; la seconde, est que tous les objets nouveaux produits par l'industrie humaine pour satisfaire à nos besoins présentent des avantages et des désavantages, et c'est une des formes du progrès d'apprendre à s'en servir, à profiter des avantages et à parer aux inconvénients.

Nous ne pourrions terminer ce travail sans adresser de sincères remerciements à MM. Ch Sambuc, tech., et G. Weber, constructeurs, pour l'aide et les conseils pratiques qu'ils ont bien voulu nous prêter et sans lesquels nous n'aurions pu faire nos essais aussi bien et aussi facilement.

