

THÉORIE
DU
CHAUFFAGE AU GAZ

et son application

PAR

GASTON KERN

Ingénieur, Directeur de l'Usine à gaz de Strasbourg

EXTRAIT DU BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE MULHOUSE
Fascicule d'Août-Sept.-Oct.-Nov. 1898

MULHOUSE
Imprimerie Veuve Bader & C^{ie}
—
1898



ULTIMHEAT®
UNIVERSITY MUSEUM

THÉORIE
DU
CHAUFFAGE AU GAZ

et son application

PAR

GASTON KERN

Ingénieur, Directeur de l'Usine à gaz de Strasbourg

EXTRAIT DU BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE MULHOUSE
Fascicule d'Août-Sept.-Oct.-Nov. 1898

MULHOUSE
Imprimerie Veuve Bader & C^{ie}

—
1898

THÉORIE DU CHAUFFAGE AU GAZ

ET SON APPLICATION

PREMIÈRE PARTIE

Historique

L'idée d'employer le gaz d'éclairage pour le chauffage domestique date de l'origine de son invention.

LE BON¹, en effet, donne, dans sa demande de brevet du 17 fructidor an VII, les explications suivantes :

« Les recherches faites jusqu'à présent sur les fourneaux, poêles et lampes se sont bornées à nous donner des tuyaux et réservoirs de chaleur, à activer et proportionner le courant d'air nécessaire à la combustion, et quelques autres dispositions avantageuses.

« Mais, jusqu'à présent, nos moyens n'ont point offert, séparément, à notre disposition, les diverses parties constituantes du combustible ; nous n'avons pu recueillir celles de ces parties qui étaient ou inutiles ou nuisibles à la combustion, à la chaleur ou à la lumière, et qui pouvaient être précieuses pour d'autres usages...

¹ Philippe Le Bon, ingénieur des ponts et chaussées de Paris, né en 1767, mort en 1804.

Nous n'avons pu gouverner à tel point le principe qui produit et de la lumière et *de la chaleur*, que l'on pût, à son gré, le recueillir, soit pour le destiner aux aérostats, soit pour tout autre usage, le distribuer, l'enflammer et lui faire porter, à toute distance du foyer, la lumière *et la chaleur*.

« Ces avantages, qui nous laissaient regretter nos méthodes, me sont aujourd'hui promis par les moyens que j'ai inventés, et leur jouissance exclusive est l'objet du brevet d'invention que je réclame. »

Dans cette même année, Le Bon lit un mémoire à l'Institut, dans lequel il atteste que le chauffage en grand, pour les usines et pour les usages domestiques, était l'une de ses principales pensées.

L'année suivante, Le Bon présente au gouvernement un appareil destiné spécialement au chauffage. Enfin, au mois de thermidor an IX, Le Bon publie un mémoire sous le titre suivant : *Thermolampes ou poêles qui chauffent, éclairent avec économie et offrent, avec plusieurs produits précieux, une force motrice applicable à toute espèce de machines.*

Pour comprendre pourquoi le chauffage au gaz ne fit, jusqu'après 1870, aucun progrès, il faut relire les jugements que portaient les grands savants contemporains de Le Bon sur l'emploi du gaz en général.

GAY-LUSSAC disait, en 1816, que « si l'on s'était toujours éclairé par le gaz, et que quelqu'un se fût présenté avec une bougie en disant : j'ai solidifié le gaz, et je peux porter ma provision de lumière dans ma poche, sans avoir à craindre d'accident, on aurait été dans l'admiration et l'on n'aurait pas manqué d'adopter ce nouveau moyen, qui permettrait de transporter la lumière où l'on voudrait, au lieu de l'avoir fixée dans une place à demeure. »

Quinze ou vingt ans après, J.-B. DUMAS tenait à peu près le même raisonnement en comparant le gaz d'éclairage à l'huile : « Si on avait d'abord inventé le gaz de la houille, puis qu'un inventeur eût trouvé le moyen de le rendre liquide, de supprimer la dépense des usines, des tuyaux, etc., en permettant à chacun

d'employer ce liquide dans des appareils portatifs, tout le monde eût admiré cette invention ; or, ce gaz liquide, nous le possédons dans l'huile, et il paraît plus naturel de l'employer directement que dans de coûteux appareils. »

Dans son *Manuel du gaz*, de 1866, RORET lui-même dit encore : « La seule application contestable du gaz d'éclairage comme chauffage est celle du chauffage des appartements, non qu'il ne soit pas agréable, mais parce que, dans les conditions actuelles, il est impraticable. »

Roret partageait en cela l'opinion de M. Féline, alors directeur des Usines à gaz de Paris, qui disait qu'il est heureux que le chauffage au gaz soit trop coûteux, car cette application serait la ruine immédiate des usines, à cause de l'irrégularité de la consommation, qui en serait la conséquence.

Premières applications du chauffage au gaz

Toutes ces préventions tombèrent peu à peu après 1870 et on reconnut tout d'abord que les cheminées françaises, avec leur faible rendement et leur consommation ruineuse de bois, pourraient être avantageusement remplacées par des foyers à réflecteurs avec rampes à gaz. M. Jacquet, de Paris, en fit les premières applications. Puis vint M. Marini avec ses bûches à gaz, bientôt perfectionnées par Legrand, qui y introduisit l'amiante incandescent.

Ces différentes constructions se propagèrent assez rapidement en France et en Angleterre, où la cheminée classique en permettait l'application facile.

Le rendement de ces foyers à réflecteurs n'atteignait cependant guère plus de 6 à 10 % du pouvoir calorifique du gaz.

En 1887, la ville de Bruxelles prima par 6000 fr. une construction de cheminée de son ingénieur du service de l'éclairage, M. Wybauw. Cette cheminée, à réflecteur avec canaux latéraux à ailettes, qui devait avoir un rendement de 84 %, fit un peu le tour de l'Europe septentrionale, et rendit un assez mauvais service à la cause du chauffage au gaz, parce qu'elle évacuait moins sûrement

que les anciennes constructions le gaz de combustion et produisait partout le mécontentement à la suite des odeurs malsaines qui s'en dégageaient.

J'en fis moi-même l'expérience dans mon logement de service et à la mairie de Colmar, où furent placées quelques cheminées Wybauw. Leur fonctionnement était si défectueux que, malgré leur prestige de *cheminées primées à Bruxelles*, on dut, après des essais opiniâtres, les enlever pour ne pas compromettre la santé des personnes intéressées. Ce fut, cependant, le coup de branle pour une série de nouvelles constructions plus ou moins perfectionnées que j'ai, en grande partie, essayées pendant les six années suivantes.

L'insuccès resta le même et me donna l'idée d'en résumer les causes, à une réunion d'ingénieurs gaziers qui eut lieu à Ludvigshafen le 7 août 1893.

J'indiquai comme défauts :

1° *La translation et l'évacuation mal assurées des produits de la combustion :*

Les gaz de combustion ne doivent pas quitter la direction ascendante vers la cheminée; dès qu'on les dirige dans le sens contraire, il se produit une stagnation et un refoulement vers l'appartement.

2° *L'inaccessibilité des parois exposées aux dépôts de la poussière :*

Le public parle toujours de chaleur sèche quand il s'agit de poêles en fonte. Cette sensation sèche n'a d'autre cause que la carbonisation de la poussière, qui n'a pu être éloignée dans les parties inaccessibles du poêle.

3° *L'accès illimité et non proportionné de l'air comburant, ainsi que l'utilisation exagérée des produits de la combustion :*

La température doit encore atteindre environ 100° C à l'entrée dans la cheminée quand l'appareil marche en plein, autrement l'évacuation n'est plus sûre et il se produit de l'eau de condensation, surtout quand on réduit la consommation de gaz ¹.

¹ Voir E. Schilling. *Neuerungen auf dem Gebiete u. Verwendung des Steinkohlengases*. München, 1892.

4° *L'emploi de réflecteurs à foyer ouvert n'est, pour le moins, pas recommandable :*

Le réflecteur éblouit l'œil et les gaz de la combustion prennent trop facilement leur chemin dans l'appartement. En outre, cette construction ne permet pas de régler l'accès de l'air comburant ¹.

5° *L'emploi de la tôle de fer n'est pas pratique pour les poêles à gaz :*

Les jointures sont rarement étanches ; en passant du chaud au froid, elles s'étirent, se disjoignent et laissent passer les gaz délétères. Les vapeurs d'eau provenant de la combustion les entament rapidement et, la rouille s'y mettant, abrège singulièrement la durée de ces poêles en tôle.

6° *L'emploi des brûleurs Bunsen, à flammes bleues, n'est pas indiqué pour les poêles d'appartement :*

A cause du bruit désagréable qui leur est inhérent (appareils horizontaux) ² et surtout à cause de la difficulté d'éviter l'inflammation spontanée du gaz à l'injecteur même.

7° *Les rampes simplement trouées, pour produire des flammes à jets, sont défectueuses comme source de chaleur :*

Parce que la combustion du gaz y est incomplète et qu'on observe souvent des flammes fuligineuses et des trous bouchés.

Je donnerai, à la fin de ce travail, la description des différents poêles à gaz que je construisis à la suite de ces recherches, et qui ont pour base les principes ci-dessus.

Un an après la publication de ma conférence de Ludwigshafen, le professeur D^r H. Meidinger, de Carlsruhe (l'auteur bien connu du fourneau à coke système Meidinger), s'empara de cette question et publia, à l'occasion de la réunion des ingénieurs gaziers à Carlsruhe, en 1894, un travail très complet sur le chauffage au gaz. C'est de ce travail que nous extrairons en partie la théorie du chauffage au gaz, tout en nous réservant de la compléter d'après nos propres travaux.

¹ Voir D^r Rautert et D^r Ladovit. *Essais de chauffage au gaz des écoles de Mayence, 13 février 1890.*

² Dans les appareils verticaux, on peut éviter ce bruit. Exemple : le bec Auer.

II^e PARTIE

Théorie du chauffage au gaz

Pour analyser les effets produits par la combustion du gaz d'éclairage, il faut que nous connaissions sa composition chimique, le pouvoir calorifique de chacun de ses éléments, la quantité d'air nécessaire à la combustion de chacun des éléments, et le rôle que jouent les produits de la combustion, spécialement les vapeurs d'eau.

On trouvera toutes ces données dans les tableaux suivants :

TABLEAU I

Composés du gaz d'éclairage	Éléments décomposés en %	Poids spécifique	Poids de 1 m. c. en kg.	1 m. c. de gaz	
				de 0° C en litres	en poids gr.
$C^x H^x$	C 85.7 %	0.967	1.26	50	63
	H 14.3 %				
$C^x H^x$	C 75 %	0.557	0.72	350	252
	H 25 %				
H	H 100 %	0.069	0.09	470	42
CO	C 43 %	0.967	1.25	80	110
	O 57 %				
Az	Az 100 %	0.971	1.26	50	80
O	O 100 %	1.405	1.43		
CO ₂	C 27 %	1.524	1.95	50	80
	O 73 %				

TABLEAU II

Composés du gaz d'éclairage	Poids d'un m. c. des composés ci-contre kg.	Composition moyenne du gaz en volume m. c.	Poids des volumes ci-contre kg.	Calories dégagées par 1 kg des composés	Calories dégagées par les composés contenus dans 1 m. c. de gaz
$C^x H^x - C_n H_n$	1.2650	0.08	0.1012	11857	1209.41
$C^x H^x$	0.7209	0.35	0.2523	13063	3295.79
CO	1.2516	0.07	0.0859	2473	212.43
CO ₂	1.9774	0.02	0.0395	—	—
H	0.0894	0.48	0.0430	34462	1481.86
		1.00	0.5219		6199.49

TABLEAU III

Composés du gaz d'éclairage	Poids des composés ci-contre	Composition en volume	Air pour la combustion		Produits de la combustion	
			en volume	en poids	en volume	en poids
$C^xH^y - C_nH_n$	0.1012	0.08	1.353	1.750	1.0727	1.851
C^xH^y	0.2523	0.35	2.907	3.760	3.9357	4.012
CO	0.0859	0.07	0.165	0.213	0.1898	0.298
CO ²	0.0395	0.02	—	—	0.0200	0.039
H	0.0430	0.48	1.157	1.496	1.2470	1.539
	0.5219	1.00	5.582	7.219	6.4652	7.739

Composés incombustibles et accidentels

Le tableau I donne la composition moyenne d'un gaz d'éclairage du poids spécifique de 0.42 d'après M. Meidinger. L'azote et l'oxygène proviennent généralement de l'air qui s'introduit dans la cornue au moment du chargement. L'acide carbonique est bien un produit de la houille mais qui, en principe, devrait être complètement éliminé par l'épuration. Pour le chauffage cette contenance de 5 % de composés accidentels dans le gaz, forme un ballast de faible importance, tandis que pour l'éclairage l'acide carbonique et l'azote diminuent sensiblement le pouvoir éclairant.

LES GAZ COMBUSTIBLES. — Les tableaux II et III sont extraits du *Traité de la fabrication du gaz* de E. Borias et ne correspondent pas tout à fait avec l'analyse de M. Meidinger du tableau I. Mais ils nous donnent exactement le rôle que jouent les gaz combustibles dans leur emploi au chauffage.

Dans le tableau II nous trouvons qu'un mètre cube de gaz contient 430 litres d'hydrocarbures qui produisent 4505,20 calories tandis que les 480 litres d'hydrogène dégagent seulement 1481,86 calories et l'oxyde de carbone 212,43 calories avec ses 70 litres.

La prépondérance des hydrocarbures provient de ce que le gaz d'éclairage est consommé et vendu en volume, de façon que malgré le grand rôle que joue l'hydrogène (1 kg dégage 34462 calories)

en général dans la production de la chaleur il doit céder le pas aux hydrocarbures dans le chauffage au gaz d'éclairage.

AIR NÉCESSAIRE A LA COMBUSTION. — Le tableau III donne les volumes et les poids d'air nécessaires à la combustion de 1 mètre cube de gaz, et les poids et volumes des produits brûlés. On remarquera que pour brûler un mètre cube de gaz il faut théoriquement 5,582 mètres cubes d'air qui ensemble devraient produire 6,582 m. c. de produits de combustion. La colonne respective n'en indique que 6,4652 soit une différence de 2 % qui provient d'une contraction des volumes de gaz et d'air que MM. Witz et Dagald Clerk avaient déjà établie expérimentalement avec différents gaz qui ont donné jusqu'à 5 % de contraction.

RENDEMENTS. — La combustion théorique du gaz avec 5 fois son volume d'air dégage une puissance calorifique de 6200 calories en chiffres ronds. (Voir tableau II).

Pour élever un litre d'eau de 0° à 100° il suffirait donc de consommer $\frac{1000 \times 100}{6200} = 16,2$ litres de gaz, mais en pratique il faut

toujours ajouter un excédent d'air et évacuer les produits de la combustion à une température qui varie entre 50 et 200°. On admet en général qu'il faut mettre 8 m. c. d'air à la disposition d'un mètre cube de gaz pour en obtenir pratiquement la combustion complète. On ne saurait par ce fait atteindre un rendement au delà de 75 à 95 %. Ce rendement, on le détermine pour les poêles à gaz d'une manière assez simple.

On mesure ou on calcule Q , le pouvoir calorifique du gaz, on détermine q , la chaleur évacuée par les fumées, et on en déduit le rendement par la formule $R = \frac{Q - q}{Q}$

Au concours pour appareils de chauffage, organisé en 1887 par la Ville de Bruxelles, la valeur q a été fixée par la formule suivante :

soit H = pression barométrique,

T = température des fumées,

t = température de l'enceinte,

P = poids en milligrammes des vapeurs d'eau contenues dans deux litres des fumées,

p = poids des vapeurs d'eau contenues dans deux litres de l'enceinte chauffée,

alors la chaleur évacuée par les fumées sera

$$g = 627 + \left[\frac{288,4 \times H}{(P-p)(273+t)} + 0,55 \right] (T-t) - 0,718 t$$

La méthode d'évaluation du professeur Bunte, de Karlsruhe, me semble cependant plus scientifique et mérite d'être démontrée par un exemple.

Le professeur Bunte détermine :

1° La valeur calorifique du gaz en se servant du calorimètre Junkers, p. ex. ;

2° Les volumes % d'acide carbonique en brûlant un volume de gaz connu, et en faisant l'analyse de CO^2 par absorption ;

3° Les volumes de vapeur d'eau formés par le gaz d'après la quantité d'oxygène, déterminé au moyen de la burette Bunte ;

4° Le % d'acide carbonique des fumées ;

5° La différence de température entre l'air admis dans la pièce et le gaz d'échappement, d'après les méthodes ordinaires bien connues.

Le calcul du rendement calorifique se fait avec ces données sans avoir recours aux coefficients empiriques de la formule de Bruxelles.

Supposons : 4900 calories au gaz en question.

57 % de rendement en CO^2 .

115,7 % de rendement en H^2O .

2,9 % de CO^2 dans les fumées.

110° C en différence de température.

La chaleur spécifique S du gaz de la cheminée se calculera alors comme suit :

29 litres CO^2	à 0,427 calorie par mètre cube	= 0,012 cal.
971 » Az et air	à 0,307 » » » »	= 0,298 »
58,87 H_2O	à 0,387 » » » »	= 0,023 »
		<hr/>
		$S = 0,333$ cal.

1 m ² de fenêtre double	2,50 cal.
1 » » fenêtre en tabatière simple	5,40 »
1 » » fenêtre en tabatière double	3,— »
1 » » porte	2.— »

Il faut augmenter ces coefficients de 10 % pour les murs exposés et les fenêtres situées au nord, à l'est, au nord-est et au nord-ouest. On ajoute également 10 % pour les chauffages discontinus quand on ne chauffe que le jour et quand la maison est abritée, mais 30 % quand la maison est très exposée.

L'EAU DE CONDENSATION. — M. Meidinger a eu le grand mérite d'éclaircir dans son travail sur les poêles à gaz, le rôle que joue la condensation de l'eau dans le chauffage au gaz.

TABLEAU IV

Température	Vapeur d'eau contenue dans 1 m. c. d'air saturé	L'eau d'un m. c. de gaz saturé X m. c. d'air sec	Les produits de combustion de 1 m. c. de gaz et de 8 m. c. d'air		
			emplissent un espace de m. c.	contiennent en calories tant pour cent	
Degrés centigr.	Grammes	X		sans condensation	avec condensation
0	5	210	7.5	0	-11
10	10	104	7.9	0.5	-9.5
20	17	61	8.3	1	-8
30	30	37	8.7	1.5	-6.5
40	50	21	9.3	2	-4
50	82	12	10.2	2.5	+1
60	130	8	10.6	3	-
70	196	5.2	10.9	3.5	-
80	290	3.5	11.2	4	-
100	590	1.7	11.8	5	-
120	1100	0.93	12.5	6	-
140	1900	0.54	13.1	7	-
170	3900	0.26	14.1	8.5	-
200	7146	0.14	15.1	10	-

Nous connaissons par les tableaux précédents la quantité d'hydrogène contenue dans le gaz et qui par la combustion se transforme

en eau. Le tableau I nous donne les éléments nécessaires au calcul de cette quantité :

L'éthylène C^2H^4 contient 14,3 % d'hydrogène, donc les	
63 gr. d'un mètre cube de gaz	= 9 gr.
Le formène C^2H^4 contient 25 % d'hydrogène, soit dans	
les 252 gr. d'un mètre cube de gaz	= 63 »
L'hydrogène H lui-même entre en ligne de compte pour	42 »
	<hr/>
Le gaz hydrogène est donc représenté par	114 gr.
dans un mètre cube de gaz.	
Et comme l'hydrogène exige 8 fois son poids d'oxygène	
pour former de l'eau, il y a lieu d'ajouter, pour	
l'oxygène, 8×114	= 912 gr.
La quantité d'eau produite par un mètre cube de gaz	
sera donc de	<hr/> <u>1026 gr.</u>

soit un peu plus d'un litre.

C'est le tableau N° IV de M. Meidinger qui nous enseigne dans quelles conditions se produit la condensation d'eau et jusqu'à quel point on peut l'éviter.

Nous voyons, par la colonne 2, qu'un mètre cube d'air peut retenir en suspens plus de 7 kilos de vapeur d'eau à 200°, tandis qu'à 0° la condensation commence dès que les vapeurs d'eau dépassent 5 gr. par mètre cube d'air. A 100°, l'air est encore à même de transporter 590 gr. de vapeur sans condensation.

Mais, pour nous, la question se pose autrement. Il s'agit de savoir, d'une part, combien l'eau d'un mètre cube de gaz sature, aux diverses températures, de mètres cubes d'air sec, et, d'autre part, quel espace nécessitent les produits de la combustion aux différentes températures.

La comparaison des chiffres de la 3^{me} et de la 4^{me} colonne, nous donne la réponse à cette double question.

Tandis que les chiffres de la 4^{me} colonne vont en augmentant, ceux de la 3^{me} colonne diminuent progressivement. Entre 50 et 60° C, les valeurs se rencontrent et indiquent la limite où les va-

peurs d'eau d'un mètre cube de gaz restent en suspens dans les produits de combustion et ne se condensent pas encore. Ce n'est donc pas un peu au-dessous de 100° que l'eau de condensation se produit dans les fourneaux à gaz, comme on l'admet généralement. Le tableau nous dit que la condensation se produit aux environs de 56° C, quand un mètre cube de gaz est brûlé avec 8 mètres cubes d'air.

Les colonnes 3 et 4 donnent aussi la proportion de vapeur d'eau contenue dans les produits de la combustion aux diverses températures. Ainsi, à 40° nous avons $\frac{9.3}{24}$, soit environ $\frac{3}{7}$ des 1026 gr. d'eau provenant d'un mètre cube de gaz. A 30° C, nous avons à peine $1/4$ des vapeurs d'eau en suspens, les autres $3/4$ de kilo s'étant déjà condensés.

Ces proportions changent dès que le gaz brûle avec un plus grand excédent d'air. Les vapeurs d'eau se condensent alors à une température plus basse. Ainsi, avec 16 mètres cubes d'air, au lieu de 8 admis dans le tableau, il faudra doubler les chiffres de la colonne 4 et il y aura condensation d'eau à 43° C; avec 24 mètres cubes d'air, cette température descendrait à 36° C; avec 56 mètres cubes d'air, elle baisserait jusqu'à 20° C, et ainsi de suite.

L'importance de ces données est capitale pour le constructeur de fourneaux à gaz, et, *à priori*, il est clair que les grands excédents d'air empêchent la condensation, mais diminuent considérablement le rendement du poêle.

Il n'y a, du reste, pas grand intérêt à retarder la condensation au-dessous de 100° C, ainsi que l'indique la colonne 5. A 80° , il reste encore 4 % de la chaleur initiale; à 40° , il n'en reste plus que 2 %. Ce reste de chaleur s'accroît cependant proportionnellement avec l'excédent d'air. Ainsi, avec 16, 24, 32 mètres cubes d'air, par mètre cube de gaz, nous augmentons la chaleur de 2, 3 à 4 fois; dans ce dernier cas, les produits de la combustion de 100° C, par exemple, contiendront encore 20 % du pouvoir calorifique du gaz.

Ces chiffres changent encore dès qu'on fait entrer en ligne de compte la condensation de l'eau, qui elle-même dégage de la chaleur. Ainsi, la condensation de 1 kil. d'eau dégage 600 calories à 0° C ; à 30° C la condensation de 1 kil. d'eau produit 590 calories, et 534 calories deviennent libres à 100° C. La colonne 6 en tient compte.

Entre 0 et 20° ces chiffres ont cependant une valeur plutôt théorique, car la température des gaz de la combustion ne saurait guère s'abaisser au-dessous de 20° C, qui est celle de l'air ambiant de la pièce chauffée. A cette température, la condensation ajoute 8 % de chaleur aux fumées. Entre 40 et 50°, cependant, ce gain de chaleur se réduit déjà à 0°.

COMBUSTION INCOMPLÈTE. — Nous avons dit précédemment pourquoi nous rejetons, pour les poêles à gaz, tout autre brûleur que celui dit « bec papillon ». C'est donc à ce bec à fente que nous bornerons notre étude de combustion pratique.

On emploiera de préférence les becs d'un débit de 50 à 100 litres, parce que les perturbations qui peuvent se produire aux becs papillon de ce débit sont faciles à éviter.

La flamme aura sensiblement la forme d'une demi-ellipse ayant son grand axe vertical et 3 à 4 centimètres de hauteur et autant de largeur. (Voir *Etudes sur les différents becs*, d'Audouin et Bérard).

Employée dans des poêles à gaz, il faut cependant éviter que la flamme des becs papillon ne manque d'air comburant ou ne vienne en contact avec les parois. Dans le premier cas, il se produirait combustion incomplète, la flamme perdrait son éclat, serait fuligineuse et dégagerait, d'après M. Berthelot, de faibles quantités d'acétylène non brûlées. M. Jungfleisch a démontré que, dans certains cas où l'air fait beaucoup défaut, il se produit du cyanhydrate d'ammoniaque et de l'oxyde de carbone qui, mal évacués, sont très délétères. Les essais faits par M. Cramer à Marburg feraient même croire à la formation d'oxyde de carbone, d'acide nitrique et nitreux.

Dans des poêles parfaitement étanches et avec évacuation com-

plète des fumées, l'apparition de ces produits délétères n'a d'autre influence qu'une réduction sensible du pouvoir calorifique du gaz et, par ce fait, un abaissement de rendement.

Dans le second cas, quand la flamme ne peut se développer librement et se heurte à un corps ferme, le voile de carbone, qui en forme la substance, au lieu d'être porté à l'incandescence, se refroidit, tombe au-dessous de sa température d'ignition et se dépose sous forme de suie. De là une autre cause de déperdition de chaleur.

Il est facile de construire les poêles à gaz de telle sorte que ces deux cas de mauvais fonctionnement ne puissent pas se produire.

Un mètre cube de gaz brûlé dans de bons becs papillon donnera alors simplement 4026 gr. de vapeur d'eau et 1050 gr. = 700 litres d'acide carbonique. La température des flammes est d'environ 2000° C et peut encore être augmentée si on amène à la flamme de l'air préalablement chauffé.

NON-ÉVACUATION DES FUMÉES. — Dès lors se pose cette question : Est-il absolument nécessaire d'évacuer les produits de la combustion, et quelle est l'influence de leur évacuation dans la pièce chauffée ?

En règle générale, on peut dire que le chauffage au gaz, même en l'absence de toute cheminée, n'est pas plus malsain que l'éclairage au gaz, quand il s'agit de grands locaux dans lesquels on ne séjourne que quelques heures et qui, ordinairement, possèdent une bonne ventilation.

Mais, pour le chauffage domestique, les proportions d'acide carbonique et d'eau versées dans l'air ambiant sont trop importantes pour pouvoir être négligées.

Nous allons, du reste, en faire le calcul : en hiver, par 0° de température, il faut 300 litres de gaz par heure pour maintenir une pièce de 100 mètres cubes de capacité à la température de 20° C. (Schaar, *Kalender für Gas- und Wasserfach-Techniker*).

Nous savons, par les tableaux précédents, qu'un litre de gaz produit presque exactement 1 gr. d'eau, et que 1 mètre cube d'air à 20° C est saturé à partir de 17 gr. de vapeur d'eau.

Cette pièce habitée est, en général, naturellement chargée de 8 gr. d'eau par mètre cube. Il ne faudra donc plus que 9 gr. pour la saturer entièrement, ce qui, dans notre cas, se produira en 3 heures, car 300 litres de gaz par heure produisent 300 gr. de vapeur, donc 900 litres produiront en 3 heures les 900 gr. de vapeur nécessaires pour saturer une pièce de 100 mètres cubes.

D'autre part, ces 900 litres de gaz produiront $\frac{700 \times 900}{1000} = 630$ lit. d'acide carbonique, soit $\frac{630}{100.000} = 6,3 \text{ ‰}$.

Au point de vue physiologique, le séjour dans une atmosphère saturée d'eau est aussi pernicieux que le séjour dans une pièce dont la teneur en acide carbonique dépasse $1,2 \text{ ‰}$.

Nous voyons par là qu'à moins de renouvellement d'air d'heure en heure, dans une pièce de 100 mètres cubes, le chauffage au gaz sans évacuation est dangereux pour la santé.

Notons encore, comme point de comparaison, que l'homme dégage 20 litres d'acide carbonique, 50 gr. d'eau et 160 calories à l'heure, de sorte que 10 personnes produisent à peu près les mêmes phénomènes physiques et chimiques qu'un poêle à gaz de 300 litres de débit horaire, ou que 2 becs de gaz de 150 litres.

EVACUATION DES FUMÉES. — Cette question est très complexe quand il s'agit d'obtenir de bons rendements avec les appareils de chauffage. Nous avons vu qu'elle dépend de la proportion d'air comburant ajoutée à une consommation de gaz donnée et avec l'abaissement de la température des fumées dans l'appareil.

Au point de vue pratique, nous avons trois cas à examiner :

- 1° Condensation des vapeurs d'eau dans l'appareil ;
- 2° Condensation des vapeurs d'eau dans le tuyau d'échappement ;
- 3° Condensation dans la cheminée murée.

Le premier cas se produira dans chaque poêle au début de sa mise en marche, mais dès qu'à la sortie dans la cheminée la tem-

pérature a atteint 60° , l'intérieur de l'appareil sec. La condensation cesse même déjà à 40 ou 50° parce qu'il y a ordinairement double et triple excédent d'air. Il y a cependant à distinguer entre la marche en plein de l'appareil et les réductions successives de la consommation jusqu'à un minimum indéterminé. Tel appareil qui évacuera parfaitement les produits de la combustion pendant le maximum de chauffage, pourra produire de notables condensations d'eau quand son débit sera réduit au $\frac{1}{4}$ ou au $\frac{1}{10}$; limite pratique de réduction d'un bon robinet de réglage. Malgré l'excédent d'air qui va en augmentant avec la réduction des flammes et le tirage de la cheminée, l'eau de condensation pourra suinter le long des parois intérieures de l'appareil jusqu'à proximité du foyer de chaleur qui la vaporisera. Il se formera bien vite un régime de va-et-vient des vapeurs d'eau qui refroidiront notablement le poêle à sa base où se fait l'évaporation tandis qu'à l'endroit où se reproduit la condensation, dans le haut du poêle, il y aura dégagement de chaleur ; naturellement au détriment du rendement et du bon fonctionnement de l'appareil.

En principe, l'utilisation de la chaleur et l'évacuation des fumées se fera difficilement si les espaces intérieurs de l'appareil de chauffage sont larges, tandis qu'avec des conduits étroits la transmission de la chaleur se fera d'une façon parfaite tout en diminuant les chances de condensation d'eau.

Avec de bons appareils, l'échange de température entre les fumées et les parois qu'elles lèchent doit se faire rapidement et avec un écart d'au plus 40° C.

Second cas. — La condensation d'eau dans les tuyaux d'échappement est en rapport direct avec leur diamètre et leur longueur, et encore avec le tirage de la cheminée. Plus les corps de raccordement entre le poêle et la cheminée présenteront de surface, plus il y aura chance de condensation. Il se produira alors le même phénomène de va-et-vient de vapeur et d'eau que nous avons signalé dans les poêles mêmes. Un bon poêle à gaz n'a pas besoin d'un

long développement de tuyaux d'échappement pour l'utilisation complète de la chaleur.

La translation des vapeurs d'eau dans un tuyau en fer présente, du reste, tant d'inconvénients qu'il vaut mieux l'éviter. Là où ce cas est inévitable on fera bien de munir les corps d'une poche à eau pour empêcher le retour des condensations dans le poêle même. Inutile de faire remarquer qu'il faudra porter des soins spéciaux aux jointures des corps pour ne pas s'exposer aux suintements d'eau dans la pièce chauffée.

Troisième cas. — Si l'eau de condensation n'est pas recueillie artificiellement sur son parcours vers la cheminée mûrée, celle-ci devra être à même de s'en débarrasser facilement. Nos vieilles cheminées ont généralement une glaçure de goudron et l'humidité n'a pas de prise sur leurs parois comme on pourrait le craindre. Dans nos maisons neuves on prendra de préférence des tuyaux en poterie vernie. On réduira la condensation dans la cheminée même, en l'aérant par sa base, et si possible avec de l'air de l'appartement chauffé. Avec quinze fois autant d'air que de fumée il n'y aura plus de condensation et on produira une ventilation salubre de la pièce chauffée.

Plus la cheminée sera étroite plus on évitera la condensation. Une cheminée de 10 centimètres de diamètre suffirait pour un grand fourneau à gaz de deux mètres cubes de débit. En raison des besoins d'aération il sera cependant préférable de s'arrêter à 15 centimètres de diamètre. Notons que l'ouverture de ventilation au bas d'une cheminée sert en même temps de soupape de sûreté pour les coups de vent qui autrement pourraient, dans certaines constructions de poêles, pénétrer jusqu'au foyer à gaz et l'éteindre. On donnera à chaque étage et si possible à chaque pièce munie d'un fourneau à gaz, une cheminée spéciale qui sera prolongée avec avantage jusqu'à la cave où un récipient pourra recevoir les eaux de condensation s'il devait s'en produire.

III^e PARTIE

Application de la théorie du chauffage au gaz aux constructions de poêles

Il est incontestable qu'il s'est produit dans les dernières années un mouvement très prononcé en faveur du chauffage au gaz et les usines à gaz font tous leurs efforts pour propager ce débouché qui est appelé à combler un jour les pertes qu'elles subissent par suite de la concurrence de l'électricité.

La réduction du prix du gaz est certes le plus puissant levier pour cette propagande, et là où le mètre cube de gaz se vend entre 7 et 15 centimes, nous trouvons des applications nombreuses de ce nouveau système de chauffage.

A Munich, Carlsruhe et Strasbourg des écoles entières sont chauffées exclusivement au gaz; à Ludwigshafen c'est l'Hôpital civil et les bureaux de la grande Fabrique de produits chimiques; à Neuss c'est l'Hôtel de ville; à Budapest c'est le grand bâtiment de rédaction du *Pesti-Hirlap* qui, à lui seul, utilise 226 cheminées à gaz pour le chauffage de ses locaux.

Bon nombre d'églises et d'hôtels trouvent leur profit à employer le gaz comme moyen de chauffage, et à Bâle nous avons vu des bureaux, des antichambres, des salles à manger et des salons où la chaleur du gaz rayonne à la grande satisfaction des intéressés.

Nous sommes encore dans la période de l'adolescence pour la construction des fourneaux à gaz, et une fois que la théorie du chauffage au gaz aura pénétré tous ceux qui s'occupent de fabrication de poêles à gaz nous aurons non seulement des appareils absolument irréprochables au triple point de vue hygiénique, économique et esthétique, mais encore au point de vue de la simplicité, de la solidité et du bon marché.

C'est un fait assez frappant que chaque pays a ses propres et très différents modèles de poêles à gaz.

L'Angleterre qui par le bon marché de sa houille devrait tenir

le premier rang dans l'emploi rationnel du gaz comme chauffage, utilise exclusivement des foyers forme cheminée française qui ne donnent qu'un faible rendement. Tantôt ce sont des boules en amiante tantôt la fonte ou la brique réfractaire qui sont chauffées au rouge pour imiter le feu ouvert du coke. Dans tous les modèles

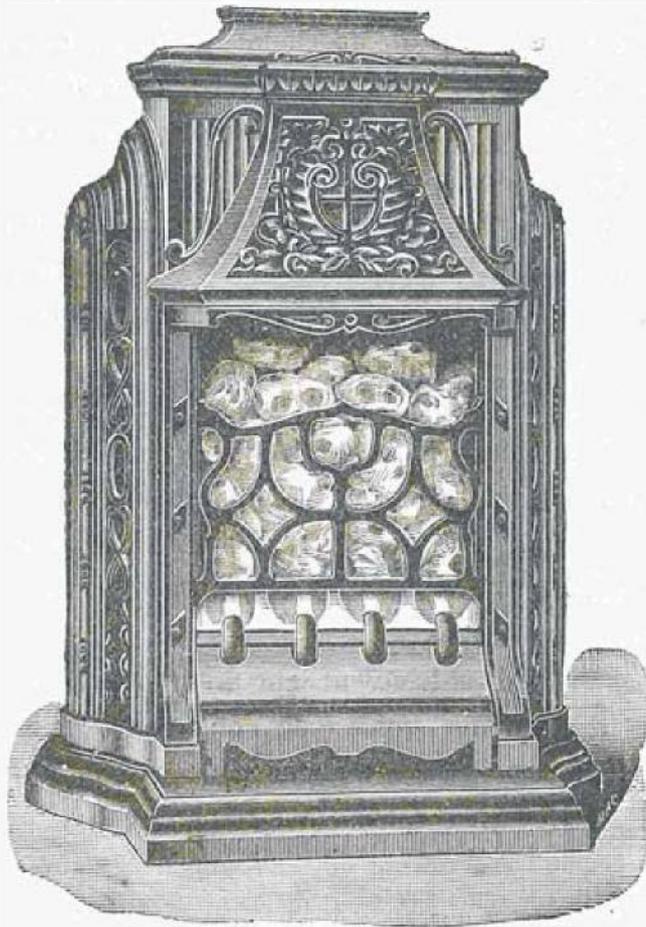


FIG. 1.
Cheminée à gaz anglaise.

que nous avons vus, on cherche à retenir la chaleur par ce moyen et à rendre le feu visible, tangible et rayonnant comme dans les cheminées françaises. Ce sont les systèmes Fletscher, Wilson et Foulis ou Sugg qui sont les plus répandus (Fig. 1).

En France et en Belgique, malgré la cherté du gaz, ce sont également les peu économiques cheminées et poêles, rayonnant par l'amiante incandescent ou par de simples réflecteurs,

qui dominent le marché.

La Compagnie Parisienne du gaz a cependant créé un calorifère tambour dont le rendement est supérieur aux simples cheminées et qui est très répandu en France. (Voir Fig. 2). A signaler aussi les poêles hygiéniques du D^r Potain et du D^r Adam, qui sont cependant peu répandus.

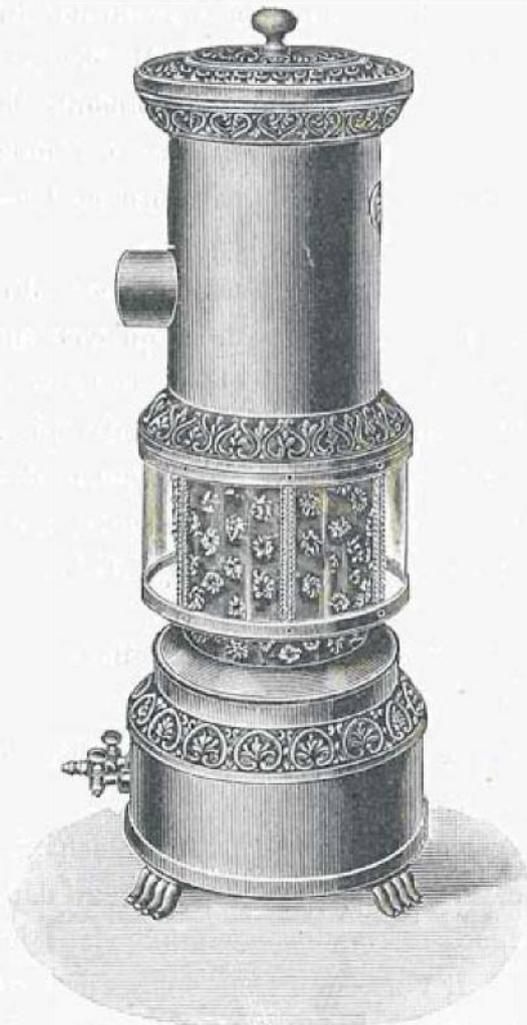


FIG. 2.

Calorifère à gaz français rayonnant.

1° Cheminée à gaz Siemens à récupération

Cette cheminée, représentée en coupe (Fig. 3) combine le chauffage par rayonnement avec le chauffage par circulation d'air.

Le bas de la cheminée présente un réflecteur concave et ondulé en cuivre poli au haut duquel se trouve la rampe

En Allemagne, il existe un grand nombre de fabricants de poêles à gaz les plus variés et plus ou moins bien étudiés, mais ce sont deux maisons surtout qui se disputent la prépondérance :

1° Fréd. Siemens à Dresde qui, par une construction élégante et économique, a su se créer une grande clientèle ;

2° La fabrique de Warstein dont les produits moins élégants sont surtout employés au chauffage des écoles.

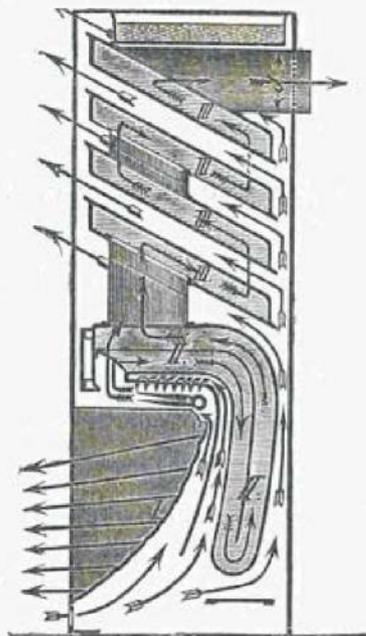


FIG. 3.

Cheminée à gaz, à récupération.

à gaz. L'air alimentant le feu est aspiré en partie le long du dos du réflecteur et est ainsi chauffé au préalable. C'est ce que M. Siemens appelle la récupération primaire. La récupération des produits de la combustion se fait à travers un système de canaux à grande surface dans lesquels ces produits sont obligés de parcourir un long chemin avant d'atteindre le tuyau d'échappement.

Pour arriver à son but, Siemens fait alternativement descendre et monter les gaz de combustion ce qui ne va bien qu'avec un excellent tirage, et c'est peut-être là le côté faible de cette construction qui fonctionne très inégalement suivant les lieux d'emploi.

Au reste, ces cheminées sont très élégantes et se distinguent des cheminées françaises et anglaises par un excellent rendement qui, dans des conditions d'exploitation favorable, atteint 90 à 95 %.

2° Fourneaux à gaz de la Société des mines et ateliers de Warstein

Cette Société a un grand choix d'appareils dont le modèle de Carlsruhe (*Karlsruher Schulofen*) est le plus connu.

C'est un poêle rond excessivement bien étudié par M. Reichardt, directeur du gaz de Carlsruhe, et M. Meidinger, professeur dans cette même ville. Essayé pour la première fois en grand dans les écoles municipales de Carlsruhe, il y a eu un plein succès et a su conquérir le suffrage du monde savant en Allemagne (Voir Fig. 4, 5, 6 et 7).

Le fourneau est en tôle, cylindrique et à triple enveloppe. A sa base, une couronne de becs papillon. Les produits de la combustion montent par des conduits en spirale ménagés entre les deux cylindres intérieurs espacés de un centimètre seulement l'un de l'autre. L'air du sol monte dans le cylindre intérieur et s'échauffe par contact; de même l'air aspiré par les ouvertures extérieures du soecl et traversant l'anneau fascial. Le rayonnement de la chaleur est expressément évité dans cette construction, tout le chauffage se produit par la circulation de l'air.

Nous y retrouvons le principe énoncé dans notre étude théorique



FIG. 4.

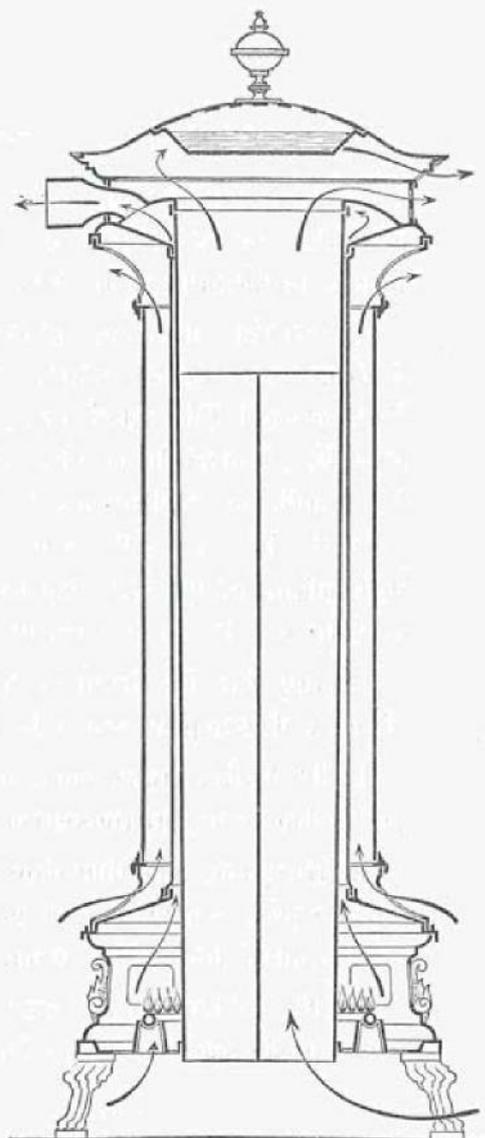


FIG. 5.

Fourneau à gaz de Carlsruhe.

Robinet de sûreté.

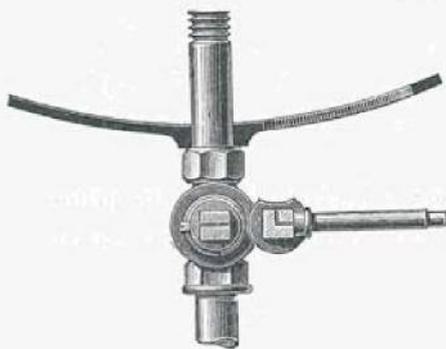


FIG. 6.
Poêle hors service.

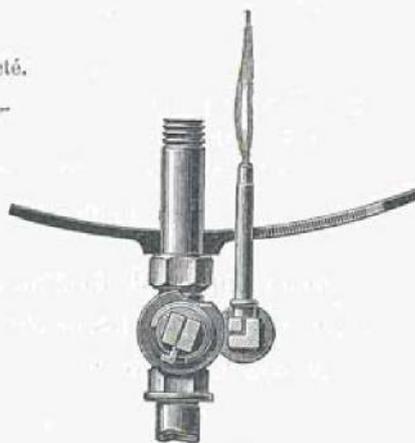


FIG. 7.
Poêle en service.

que les gaz de combustion ne doivent pas quitter leur marche ascendante et se mouvoir dans un espace étroit. Le tirage s'établit tout naturellement et dès l'allumage.

M. Bouvier, dans son intéressant rapport : *Le Gaz à l'Exposition industrielle de Berlin, 1896*, signale spécialement la possibilité de l'adduction de l'air extérieur dans ce poêle scolaire. Lui-même, dit-il, s'est bien trouvé de ce dispositif qui devrait être appliqué à tous les chauffages. Seulement, il faut éviter que cet air soit chauffé à plus de 100 à 120°, sous peine d'en altérer la pureté par la distillation. D'après les expériences de von Fodor, la température critique est de 150°; c'est un maximum.

Comme dans la cheminée Siemens, l'allumage se fait au moyen d'une veilleuse pour éviter le danger des explosions.

Le Dr Arche, professeur à Trieste, a fait de longs essais avec ce poêle, dont nous parlerons encore, et indique comme rendement 93 %.

M. Reichardt reproduit dans le *Hygienischer Führer durch Karlsruhe* le prix de revient d'un mètre cube d'air de classe chauffé au gaz, pendant toute une saison, comme suit :

Du 1^{er} octobre au 31 mars on a noté de 8 heures du matin à 6 heures du soir les températures et dépenses de gaz suivantes :

	1889/90	1890/91	1891/92	1892/93	1893/94	1894/95	1895/96
Au-dessous de 0°.....	40	50	27	39	25	50	15
0° à + 5° C.....	47	43	64	41	55	56	73
+ 5° C à + 10° C.....	51	57	52	55	55	38	54
Au-dessus de 10° C....	44	32	40	47	47	48	41
	182	182	183	182	182	182	183 jours
Température moyenne	5,26°	3,90°	5,69°	4,71°	5,96°	3,52°	6,26°
Gaz usé en moyenne.	5,45 m ³	4,91 m ³	4,21 m ³	4,43 m ³	3,96 m ³	4,43 m ³	3,77 m ³
Dépensé à 8 ₰ le m ³ .	43,6 ₰	39,3 ₰	33,7 ₰	35,4 ₰	31,7 ₰	35,4 ₰	30,2 ₰

Température moyenne dans les salles : 17 à 18° C.

Voici d'après M. Croissant, ingénieur à Ludwigshafen, les principaux avantages des poêles de Warstein (*Journal für Gasbeleuchtung* XLI J. N° 13) :



1° Répartition aussi égale que possible de la chaleur dans tout le local ;

2° Entretien d'une température constante, ce qui est presque impossible avec tout autre combustible ;

3° Absence complète de poussière, suie, fumée, scories, magasin de combustible et accessoires ;

4° Absence des gaz délétères qui passent souvent à travers les parois surchauffées ; jamais les parois des poêles à gaz n'arrivent au rouge ;

5° Les parois extérieures atteignent rarement une température de 100° C ; les poussières qui pourraient s'y déposer ne se carbonisent pas et ne dégagent pas d'odeur malsaine ;

6° Ventilation simple des locaux si on fait une prise d'air extérieure, donnant dans la base du poêle.

Au point de vue économique, M. Croissant indique comme avantages :

1° Petite consommation surtout avec l'emploi du régulateur Bœhm qui règle le débit proportionnellement à la température du local ;

2° Dans les écoles, usines, administrations : économie d'un employé spécial pendant l'hiver pour le service des fourneaux à coke, charbons, bois ;

3° Les frais d'entretien sont insignifiants ;

4° Les frais de ramonage sont nuls.

Tous ces avantages sont, du reste, communs aux autres bons systèmes de foyers à gaz. —

J'ai moi-même essayé de poser un jalon dans cette voie tracée, et j'ai fait breveter trois genres de fourneaux à gaz, dont voici, en quelques mots, l'essence :

I. Cheminée à gaz pour salons, salles de réception et grandes salles publiques.

Cette cheminée se compose de son enveloppe décorative en fayence, appropriée au foyer à gaz qu'elle entoure.

Contrairement aux constructions actuelles, la rampe à gaz de cette cheminée ne se trouve pas au haut d'un réflecteur ordinaire, mais à la base d'un réflecteur à lamelles *b* (Voir planche XIII, fig. 1, 2, 3). Ces lamelles, en cuivre poli, sont disposées de façon à refléter la chaleur rayonnante dans les couches basses, sans former obstacle à la marche ascendante des produits de la combustion, complètement récupérés au-dessus du réflecteur au moyen d'un système de tubes en cuivre *T*.

Une double porte vitrée permet d'isoler le compartiment *Q*. On évite ainsi l'émanation, dans la chambre, des gaz de la combustion en cas de mauvais tirage de la cheminée ou bien si, au début de l'allumage, le tirage ne s'est pas encore suffisamment établi. C'est un avantage de construction qui n'influence en rien le bon rendement de l'appareil et qu'on ne retrouve dans aucun autre système de cheminée à gaz.

La coupe fig. 1 indique le fonctionnement de l'appareil. La combustion se produit dans le compartiment *Q*, qui contient les deux réflecteurs *A* et *B*, entre lesquels on voit la rampe à gaz *R*, sous laquelle se trouvent les conduits d'air *K* et *C* alimentés en *O* par les couches d'air du plancher. Le canal *K* amène l'air à la rampe *R*, tandis que le canal *C* appelle l'air par l'échauffement des parois *P* et du système de tubes chauffés *T*, ce qui produit le courant d'air chaud *O C F* qui se déverse en *F* et réchauffe les couches d'air à mi-hauteur d'homme.

La cheminée remplit ainsi toutes les conditions exigées pour un chauffage rationnel :

1° Parce que la combustion peut s'accomplir dans un compartiment isolé, de sorte que toute émanation est rendue impossible ;

2° Parce que la chaleur par rayonnement et par circulation d'air chauffe avant tout les couches basses de l'air de l'appartement ;

3° Parce que les gaz de la combustion, tout en suivant leur marche naturelle et ascendante, se trouvent complètement récupérés par le système de tubes en cuivre *T* ;

4° Parce que la rampe à gaz se trouve au bas de l'appareil et

agit sur deux réflecteurs, qu'elle est visible à l'œil et facilement réglable au moyen de la tige du robinet S, qui en rend l'usage aisé.

II. Poêle à gaz en fayence pour chambres d'habitation.

Ainsi que pour la cheminée en fayence, j'ai cherché à transformer, pour le chauffage au gaz, les beaux modèles de poêles en fayence de MM. Utzschneider & C^{ie}, à Sarreguemines.

La fayence est la matière décorative par excellence ; elle donne une chaleur douce, durable et hygiénique, mais le chauffage par ce genre de poêles nécessite un laps de temps assez long, parce qu'il ne se produit que par l'effet du rayonnement des carreaux.

Lorsqu'on fait usage du gaz pour le chauffage, l'absorption et l'émission de la chaleur doivent se produire très rapidement.

J'atteins ce but au moyen de conduits C (Voir planche XIII, fig. 4 et 5) à air chaud qui s'entrecroisent dans le poêle et qui aboutissent à des carreaux ajourés. Ces conduits, en feuilles de cuivre ondulées, augmentent considérablement la surface de chauffe et communiquent leur chaleur à l'air ambiant immédiatement après l'allumage du poêle.

L'étanchéité de ces conduits et leur assemblage avec les carreaux ajourés du poêle sont obtenus par des jointures profondes et parfaites.

Les produits de la combustion contournent, d'étage en étage, les carreaux qui, par leur croisement, forment chicane et offrent la surface nécessaire à l'utilisation rapide et complète du calorique.

Le foyer se compose d'une double rampe à gaz qui se trouve, avec sa robinetterie, dans l'intérieur du socle. Chaque rampe est réglée au moyen d'un rhéomètre à un maximum de consommation de 500 litres de gaz, de sorte que les deux rampes allumées en plein consomment 4 mètre cube de gaz à l'heure. L'allumage et le réglage sont très simples et se font comme pour un bec de gaz ordinaire. Les brûleurs sont assez rapprochés, de même que les rampes, pour assurer la continuité du feu d'ensemble.

Notons encore que ce poêle est facile à nettoyer et qu'il réunit

les avantages des poêles ordinaires en fayence et en fonte sans en présenter les inconvénients.

III. Poêle à gaz en fonte, à nervures et à parois ondulées.

Pour obtenir une grande surface de chauffe, on a surtout pensé, jusqu'à présent, aux ailettes sur parois planes ou cylindriques. Ces ailettes transmettent simplement la chaleur que leur communique la paroi. En ondulant les parois et en les combinant avec des ailettes, on augmente considérablement l'effet utile. C'est la Badische Anilin- u. Soda-Fabrik, à Ludwigshafen, qui construisit, pour son propre usage, les premiers fourneaux à gaz à parois en tôle ondulée.

En appliquant cette idée à la fonte, j'ai pu ajouter aux parois ondulées des ailettes tant extérieures qu'intérieures et créer une série de modèles qui sont représentés planche XIV.

La fig. 1 donne une perspective, la fig. 2 une coupe du poêle à ondulations et nervures inclinées. On reconnaît facilement le chemin en zig-zag qui est imposé aux fumées et la grande surface de chauffe qu'elles lèchent, et qui est la même pour l'air ambiant. Les parois ne sont distantes que de 3 centimètres l'une de l'autre ; l'appel d'air comburant est ainsi limité au nécessaire. L'inclinaison des ondes favorise la circulation et l'échauffement rapide de l'air de l'appartement, et les canaux ainsi formés aspirent, pour ainsi dire, les couches basses pour les projeter en avant dans le sens de leur pente.

Les fig. 3 à 6 représentent ce même principe de construction appliqué aux fourneaux carrés. Il se forme alors au centre un canal *g* à ailettes *h* (fig. 5, 6, 7), qui sert de cheminée d'appel pour les couches d'air du plancher, qu'il chauffe rapidement.

Ces différents modèles, entourés d'un manteau en tôle artistiquement émaillé, sont très agréables à l'œil, ainsi que l'indiquent les prospectus des usines métallurgiques de Gaggenau.

Fig. 8 et 9 représentent un perfectionnement de la même idée sous une forme nouvelle et plus pratique. Les parois ondulées et les nervures extérieures sont verticales, tandis que les nervures

intérieures sont horizontales. On obtient ainsi le maximum de surface de chauffe qu'il soit possible d'atteindre dans un espace donné.

La fonte employée pour ce modèle par MM. de Dietrich & C^{ie}, à Niederbronn, est très mince, et les deux seules jointures qui assemblent les parois sont droites, verticales et ne présentent aucune résistance aux gaz de combustion, ce qui exclut toute fuite et toute odeur.

Le socle est muni de deux rampes à gaz dont chacune alimente 10 becs papillon de 50 litres à l'heure. Chaque membre a son rhéomètre qui assure un débit constant, quelle que soit la pression donnée à l'usine à gaz. L'air comburant entre dans le socle par les ouvertures jaugées *A*, vient lécher l'écran à nervures *E*, s'y chauffe et arrive aux brûleurs. L'allumage des rampes s'effectue de la façon la plus simple : on ouvre la portière du socle et on allume l'une ou l'autre des deux rampes, comme un bec de gaz ordinaire. Les brûleurs et les rampes sont tellement rapprochés que la flamme se communique de proche en proche d'une façon absolument sûre. La large porte du socle permet, du reste, la vérification facile des brûleurs, des rampes et de la robinetterie.

Ces poêles trouveront de préférence leur application dans les écoles, les églises, les bureaux et magasins industriels, et partout où l'économie doit prédominer.

Régulateurs de température pour poêles à gaz (thermostats).

Nous avons eu l'occasion d'expérimenter deux appareils qui, intercalés dans la conduite d'amenée du gaz, règlent parfaitement la température du local en augmentant ou en diminuant automatiquement le débit du gaz.

Comme nous n'avons pu trouver la description de ces appareils dans la littérature, nous tenons à compléter notre étude en les faisant connaître ici.

I. Régulateur système O. Böhm (Stuttgart).

Cet appareil est basé sur les variations d'une spirale *F*, très sensible aux changements de température. Cette spirale actionne la sou-

pape *V* (fig. 8 et 9) de telle sorte qu'une augmentation de température a pour effet de diminuer le débit du poêle en amoindissant la section libre au passage du gaz, et *vice versa*, si la chaleur de la chambre se met à baisser. L'extrémité d'un tourillon passant par le presse-étoupe de la boîte *K* est emmanchée sur le levier *Z* actionné par la vis micrométrique *M*. Cette vis permet de tendre ou de détendre la spirale *F*, pour la régler au débit maximum qu'il faut pour atteindre, suivant la saison, le maximum de température désiré. La vis *U S* sert de by-pass au gaz et doit être réglée de telle façon que, la soupape complètement fermée au moyen de la

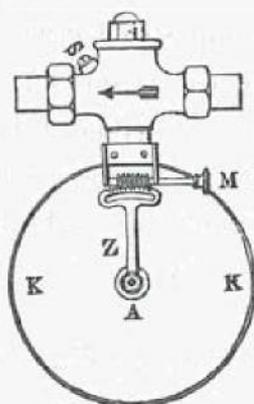


FIG. 8.

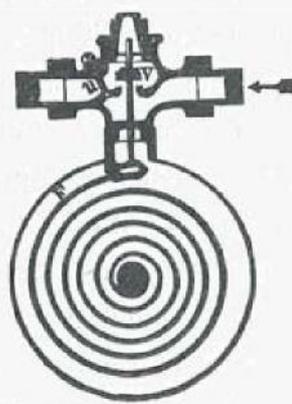


FIG. 9.

Thermostat Bœhm.

vis *M*, le passage du gaz par le petit orifice *U* soit encore assez assuré pour que la rampe du poêle ne s'éteigne pas.

Ce régulateur Bœhm a été soumis à des essais officiels par l'administration des poids et mesures de Stuttgart. En voici le résultat :

On se proposait d'examiner l'appareil au point de vue de sa sensibilité aux variations subites de températures et on le plaça à cet effet dans un bain d'eau muni d'un thermomètre lisible à $\frac{2}{10}$ de degré C près. Cette installation fut intercalée dans la conduite entre un compteur de précision et un poêle d'un débit maximum de 1400 litres de gaz à l'heure.

Les tableaux suivants indiquent les chiffres relevés à 40 millimètres de pression et avec l'appareil réglé à 15° C maximum de température.

Durée de l'expérience en minutes	Température du bain du régulateur	Débit de gaz en litres	Débit par minute
Essai I. — La température baisse de 15 à 12° C			
1	15°	0	0
6	14°6	1	1/6
2	14°2	5	2,5
2	13°8	14,5	7,25
2	13°2	26	13
2	13°	36	18
2	12°8	42,5	21,25
2	12°6	45	22,5
Essai II. — La température hausse de 12 à 15° C			
2	12°6	45	22,5
2	12°8	42,5	21,25
2	13°	36	18
2	13°2	26	13
2	13°8	9,5	4,75
2	14°2	1,5	0,75
6	14°6	1	1/6
1	15°	0	0

L'essai I démontre qu'avec une baisse de température de (15 à 12°,6 = 2°,4 C, l'appareil donne en 2 minutes un débit de 45 litres.

L'essai II prouve la sensibilité de l'appareil qui réduit le débit à zéro dès que les 15° C maximum sont atteints dans le bain, soit par l'air ambiant.

II. Régulateur système C. A. Porges (Leipzig).

Cet appareil, fig. 10 et 11, a le même but que celui de Böhm dont il diffère cependant tout à fait comme construction. Son fonctionnement est basé sur le principe de la dilatation des vapeurs.

Un liquide s'évaporant à basse température (le chlorure d'éthyle, point d'ébullition 12°,5 C), est hermétiquement enfermé dans un récipient en métal *K*. Sous l'action de la pression de la vapeur qui

est fonction de la température ambiante, ce récipient se dilate ou se rétrécit; et la soupape d'admission suit le mouvement et règle le passage du gaz. La soupape est réglée à l'aide de la vis *R*. Désire-t-on un maximum de température plus fort, on augmente l'arrivée du gaz en tournant le levier *Z* dans la direction de la flèche *W* (*Warm*), ce qui donne plus de jeu à la dilatation des vapeurs. Si au contraire la chaleur maximum semble être trop forte (au printemps, p. ex.), on diminue le jeu du récipient en serrant la vis *R* dans la direction de *K* (*Kalt*).

L'ouverture *U* pratiquée dans le siège de la soupape *C* empêche l'extinction complète de la rampe de chauffage; tandis que la vis *T* permet de comprimer le ressort *F* qui presse la soupape *T* contre le cône *P* et qui fait équilibre avec le récipient *K*.

Ces appareils me semblent avoir une grande importance pour l'avenir du chauffage au gaz, et ils sont, du reste, très répandus en Allemagne. Muni de thermostats, le chauffage au gaz ne fonctionne que quand il est nécessaire, et s'éteint dès qu'il devient inutile. Par les grands froids on aurait peut-être intérêt à laisser marcher ces appareils avec le chauffage jour et nuit, car la

Thermostat Porges.

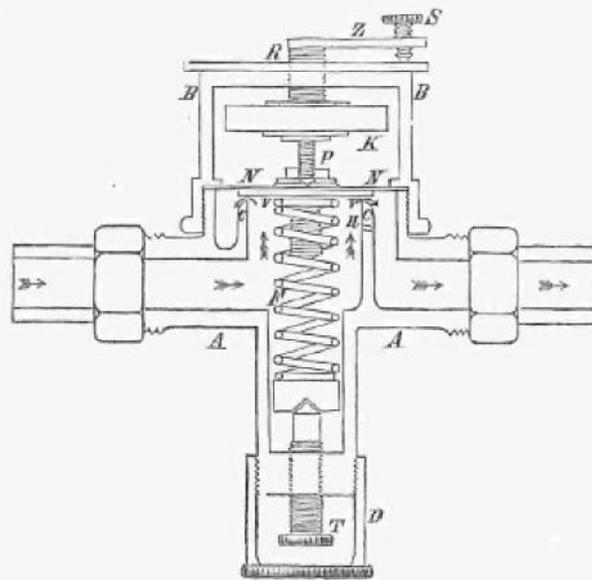


FIG. 10.
Coupe.

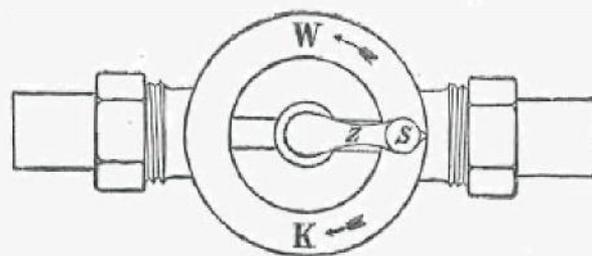


FIG. 11.
Vue en place.

chaleur emmagasinée pendant la nuit ne saurait être perdue complètement pour le chauffage de jour qui sûrement en bénéficierait.

IV^e PARTIE.

Etude comparative des frais de chauffage au gaz, au bois, à la houille et au coke

La littérature est presque muette sur ce chapitre, surtout en ce qui concerne le chauffage particulier, et on ne s'en étonnera pas quand on songe aux difficultés que présente ce genre d'étude. Il faudrait de patientes recherches, durant de nombreux hivers, pour pouvoir comparer avec leurs mille détails d'observations et de combinaisons les différents systèmes de chauffage appliqués aux mêmes locaux et dans des conditions égales.

Citons d'abord M. Aimé Girard, membre de l'Institut, qui a fait des expériences très intéressantes dans son propre logement (Voir séance du 26 octobre 1894 de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale).

« Cette question, dit M. Girard, à l'étude de laquelle j'ai été conduit par de modestes considérations d'ordre domestique, est celle de la dépense qu'entraînent comparativement, pour le chauffage des appartements, d'un côté, l'emploi *continu* de poêles mobiles utilisant la combustion lente de l'antracite, d'un autre, l'emploi *intermittent* de poêles à gaz, mobiles également, mais à combustion vive. »

M. Girard se sert, d'une part, du calorifère-tambour de la Compagnie parisienne du gaz; d'autre part, du petit poêle à anthracite, connu sous le nom de Choubersky, et arrive, en fin de compte et après une campagne de 136 jours, aux résultats suivants :

Pour le poêle à anthracite. 1050 kilogr. à fr. 60.— = fr. 63.—
Pour le poêle à gaz 197 mètr. cubes à » —.30 = » 59.10
soit une dépense moyenne par jour de :

fr. 0.47 pour l'antracite,
et » 0.44 pour le gaz.

M. Meidinger, dans une conférence publiée dans la *Deutsche Vierteljahrsschrift für öffentliche Gesundheitspflege*, 1896, p. 126, 1897, p. 585, traite également cette question, mais presque exclusivement au point de vue hygiénique. Il arrive, cependant, à quelques conclusions dignes d'être mentionnées ici :

« Les expériences faites à Carlsruhe, dit-il en substance, ont donné la preuve que le chauffage au gaz, au prix de 6 Pf. le mètre cube ne revient pas plus cher que le chauffage central à la vapeur, tandis que les frais de premier établissement sont deux à trois fois plus chers pour la vapeur.

« Le gaz a l'immense avantage de la rapidité dans la mise en marche et dans l'extinction ainsi que dans la facilité du réglage presque différentiel.

« Dans une école, où d'une minute à l'autre l'entrée de cinquante élèves crée autant de foyers de 29° C, ce réglage aussi instantané qu'économique joue un grand rôle. En règle générale, on peut dire que partout où il faut périodiquement de la chaleur, ou bien là où il s'agit de chauffer de petites pièces, le poêle ordinaire ne donnera jamais le chauffage à point comme le gaz. »

Passons à la publication du professeur Alto Arehe (*Ueber neue Gasschulöfen Triest*, chez l'auteur), qui a fait, dans les écoles de Trieste, des essais comparatifs entre le chauffage au bois et au gaz et arrive, après force tableaux et considérations, aux résultats suivants :

1° Du 9 novembre au 11 décembre 1893, il a fallu, en moyenne, pour 4,5 à 5,5 Kreuzer de gaz par heure pour maintenir la température constante (le gaz calculé à 9 Kreuzer le mètre cube) ;

2° Tandis qu'il a fallu, dans des circonstances égales, pour 6.6 Kreuzer de bois (à raison de 480 Kreuzer le mètre cube) ;

3° L'emploi d'un robinet de réglage différentiel du gaz, plus minutieusement fabriqué, et l'intercalation de régulateurs automatiques de température agissant sur l'entrée du gaz dans l'appareil, pourront encore sensiblement diminuer le prix du chauffage au gaz ;

4° Le chauffage au gaz est plus cher que le chauffage au bois pendant la période du premier réchauffement du local, tandis qu'il reprend l'avantage quand il s'agit de maintenir la température égale ;

5° L'entrée des élèves augmente la température de 2 degrés ;

6° Les poêles à gaz fournissent plus rapidement la chaleur que le bois, de là une diminution de la durée du chauffage avant les heures de classe ;

7° Par le mauvais temps (tempête, neige), le gaz chauffe mieux que le bois ;

8° Un degré-heure revient, en moyenne, moitié moins cher avec le gaz qu'avec le bois ;

9° A volume égal, le gaz produit le double de degrés-heures que le bois ; (?)

10° Pendant les heures de classe, la teneur en oxyde de carbone augmente de 0.16 à 0.23 % ;

11° L'oxyde de carbone atteint un minimum quand le local n'est pas chauffé et augmente par des *centièmes* pour cent avec le chauffage au gaz et par des *dixièmes* pour cent avec le chauffage au bois dans des poêles en fayence ;

12° Le climat de Trieste est très favorable au chauffage au gaz.

M. G. Behnke, Stadtbaurath de Francfort-s/M., donne le tableau comparatif suivant pour les frais de chauffage de l'école Uhland, à Francfort. (*Handbuch der Architektur 1889 et 1894. Heft 1. Th. IV*).

Installation de chauffage avec ventilation.

1° Pour chauffage à l'eau chaude (pression moyenne) :

	Vapeur
a) chaudières, corps de chauffe et accessoires.....	Mk 20000
b) tuyauterie, etc.....	» 5000
Total....	Mk 25000

2° Pour chauffage au gaz :

a) poêles avec rhéostat	Mk	^{Gaz} 9000
b) tuyauterie	»	5000
Total	Mk	14000

Frais annuels d'exploitation.

	Vapeur	Gaz
Intérêts du capital-chauffage 3 1/2 %	Mk 825	Mk 490
Entretien de toute l'installation	» 400	» 200
Amortissement du capital :		
4 % par an du capital a	» 800	» 360
1 1/2 % par an du capital b	» 75	» 75
Un chauffeur 180 jours à 3 Mk	» 540	
Décrassage et enlèvement des scories	» 100	
Combustible pour chauffage à la vapeur, par an, en moyenne	» 2000	
Pour gaz de chauffage, 5330 mètres cubes de volume d'air à chauffer en plein à raison de 4,5 mètres cubes de gaz par an = 23985 m ³		
4280 mètres cubes d'air de couloirs et d'escaliers, de salle de gymnastique et de wat.-closets à chauffer modérément à 2,7 m ³ par an = 11556 m ³		
Mètres cubes à 10 Pf.	35540	» 3554
Totaux	Mk 4740	Mk 4679

M. Behnke en conclut que, malgré les variations que peuvent subir ces chiffres, suivant les lieux et les conditions, le résultat final restera le même, c'est-à-dire qu'au prix de 10 Pf. le mètre cube, le gaz peut lutter avantageusement avec le chauffage central à l'eau chaude (Mitteldruckwasserheizung).

Citons encore les conclusions du rapport de la commission municipale de Munich qui, après avoir visité le chauffage au gaz des

écoles de Carlsruhe, recommanda ce système pour les écoles de Neuhausen (*Journal für Gasbeleuchtung*, 1894, p. 434).

En voici les motifs en substance :

L'installation du chauffage au gaz avec ventilation pour trente chambres d'écoles inclusivement corridors et water-closets revient à.....	M. 7000
Pour le même bâtiment l'installation du chauffage à basse pression et avec ventilation coûterait.....	» 52,000
L'amortissement en vingt ans avec intérêts à 4 %/o revient pour le gaz à.....	» 700
pour la vapeur à.....	» 3700
Le renouvellement des appareils usés après vingt ans coûtera pour le gaz (poêles).....	» 5000
pour la vapeur (chaudières).....	» 19,000
Le coût d'exploitation des deux systèmes de chauffage est ainsi comparé :	

Gaz :

14 Pf. le mètre cube. A raison de 7 mètres cubes pour chauffer 1 mètre cube d'air par jour :

Pour 180 journées d'hiver il faudrait 70,000 mètres cubes à 14 Pf.	M. 9800
Service des poêles....	néant
Entretien de l'installation.....	» 100
Intérêts et amortissement.....	» 700
	<hr/> M. 10,600

Vapeur à basse pression :

2400 quintaux de coke à 1,40.....	M. 3360
Service des chaudières.....	» 700
Entretien de l'installation.....	» 400
Décrassage et enlèvement des scories.....	» 100
Intérêts et amortissement.....	» 3700
	<hr/> M. 8260
Différence en faveur de la vapeur.....	M. 2340

ce qui correspond à une réduction du prix du gaz de 14 à 11 Pf. environ.

La commission recommanda, malgré cela, le chauffage au gaz, parce que l'Usine à gaz de Munich, desservant les écoles de Neuhausen allait devenir municipale et qu'alors le gaz pourrait être facturé à 6 Pf.

Notons encore que la forte consommation moyenne de 7 mètres cubes de gaz par mètre cube d'air chauffé, admise dans le calcul ci-dessus, n'est applicable qu'à des salles largement ventilées, situées au Nord et munies de grandes fenêtres simples.

M. Kästner, Rathsbauinspector à Leipzig, donne dans le *Gesundheitsingenieur*, 1891, N° 4, la comparaison suivante pour le prix de revient de différents systèmes de chauffage, à Leipzig, par mètre cube de salle de classe. (Prix du gaz 12 Pf., intérêts 5 % du capital engagé, réparations, etc. comprises) :

Chauffage à l'eau chaude ancien système Ecole IV ...	Pf. 85, ⁵⁵
Chauffage au gaz (poêles Kutscher)	» 66, ⁵³
Chauffage à l'eau chaude nouveau système Ecole VII..	» 65, ⁸³
Chauffage aux poêles de Kaiserslautern (coke).....	» 65, ³⁶
Chauffage au gaz, poêles en fayence	» 61, ¹⁵
Chauffage au Füllofen Jacobi	» 57, ⁵¹
Chauffage à l'air chaud chauffé à l'eau chaude	» 56, ⁶⁹
Chauffage à l'air chaud direct.....	» 46, ⁶⁶

Nous avons enfin à revenir sur l'étude déjà mentionnée plus haut de M. Croissant sur le chauffage au gaz des écoles populaires de Ludwigshafen (*Journal für Gasbeleuchtung*, 1898, Heft I). Nous extrayons du tableau IV, le seul qui donne une comparaison avec d'autres systèmes de chauffage, les chiffres suivants :

Ecoles	Système de chauffage	Prix du gaz	Prix de l'insulation	Coût du chauffage avec intérêt et amortist par m. c. de chambre
		Pf.	M.	Pf.
Oggersheimerstrasse	Vapeur basse pression		26,000	38.96
Realschule, Turnhalle . . .	id.		29,000	33.86
Kanalstrasse	Fourneaux à charbons		1,500	31.64
Schulstrasse	id.		3,000	28.—
Hemshofstrasse	id.		1,400	36.65
Schanzstr. mit Turnhalle	Gaz avec ventilation	8.78	7,630	38.39
Schanzstr. mit Pavillon .	id.	8.78	7,270	44.80
	id.	6.—	7,270	34.37
	id.	4.—	7,270	26.86
	Gaz sans ventilation	8.78	6,970	35.48

Ces résultats diffèrent sensiblement de ceux de Francfort. Tandis que là M. Behnke nous dit qu'à 10 Pf. le mètre cube le gaz peut lutter avantageusement avec le chauffage central à la vapeur, ici, à Ludwigshafen il faut appliquer le prix de 6 Pf. pour faire soutenir au gaz la comparaison avec la vapeur.

Nous ne saurions dire d'où provient cet écart, mais nous sommes d'accord avec M. Croissant quand il dit que malgré la différence de prix le gaz mérite la palme.

« Car, dit-il en forme de conclusion, nous n'attachons pas assez d'importance au côté hygiénique de cette question ; nous ne tenons pas assez compte de l'infection de l'air de la Ville par nos cheminées de maisons. Qu'on se donne la peine et qu'on calcule quelles quantités de fumée, de suie, d'acide sulfureux, d'ammoniac, d'acide nitreux sont produites journellement par cent maisons d'habitation ? Le gaz seul, le gaz à bon marché, portera remède à cet état de choses. »

Avoir du gaz à bon marché, voilà toute la question, et tout ce que nous avons dit mène à ce résultat : Que le gaz compté à 4, 6, et même 8 Pf. peut avantageusement remplacer les autres combustibles pour le chauffage et c'est ce qui arrive dans les villes où l'usine à gaz est municipale.

Au point de vue d'une usine municipale, le chauffage au gaz des bâtiments publics augmente la consommation de jour, et rend ainsi plus égale la consommation diurne et nocturne. La fabrication devient par ce fait plus uniforme, les gazomètres sont mieux utilisés ainsi que le capital-usine en général. Les frais généraux restent les mêmes et la production des sous-produits : coke, goudron, ammoniacque augmente et couvre même dans beaucoup d'usines la dépense pour achats respectifs de houille.

Selon le point de vue où une ville se place, elle peut donc fort bien prétendre que son gaz de chauffage lui revient à 6 ou même à 4 Pf. et alors elle aura, à côté des multiples commodités du gaz, une économie très réelle sur d'autres systèmes de chauffage.

Les particuliers ne sont pas aussi favorisés jusqu'à présent, et tant que le gaz à l'eau n'aura pas remplacé notre coûteux gaz de houille, ils ne pourront pas compter sur un prix inférieur à 12 Pf. le mètre cube.

La chaleur ainsi produite sera encore deux fois aussi chère qu'avec la houille, dans les conditions les plus favorables au gaz.

Théoriquement, la comparaison entre les différents combustibles est donnée d'après Meidinger par le tableau suivant :

Combustible	Calories pour 1 kilog.	Qualité	Prix par 100 kil.	Prix de 10000 calories	Remarques
Bois séché à l'air	3000	sapin	Fr. 4.75	Fr. 0.16	Les chiffres de la 2 ^{me} colonne indiquent le nombre de calories développées par la combustion d'un kilog. de combustible; ceux de la 4 ^{me} , les prix moyens en francs par 100 kilos; la 5 ^{me} , le prix théorique de 10000 calories, calculé au moyen des chiffres précédents.
		hêtre	4.25	0.14	
Lignite	5000	en briquettes	3.60	0.075	
		grasse	3.15	0.043	
Houille	7500	anthracite	4.15	0.055	
		bonne qualité	15.—	0.21	
Charbon de bois	7000	d'usine à gaz	2.90	0.041	
Coke	7000	dénaturé	57.50	0.92	
Alcool	6100	américain	15.65	0.30	
Pétrole	10200	ordinaire	27.50	0.28	
Gaz d'éclairage.	10000	»	0.15		

Si l'on ne considère que la relation existant entre le prix de dix mille calories produites par le gaz ou par d'autres combustibles, on arrive à un raisonnement très défavorable au gaz et généralement accredité, mais en tenant compte des mille autres circonstances qui sont à prendre en considération dans cette question et surtout les agréments et les commodités de ce combustible qui est toujours sous la main sans qu'on ait besoin de le commander, qui ne tient aucune place, ne fait ni cendre ni poussière, s'allume et s'éteint d'un geste, on lui accordera souvent la préférence même en payant sa chaleur un peu plus cher, car, comme W. Siemens l'a dit, c'est la production de chaleur *fin de siècle* et de l'avenir.

Fig. 2

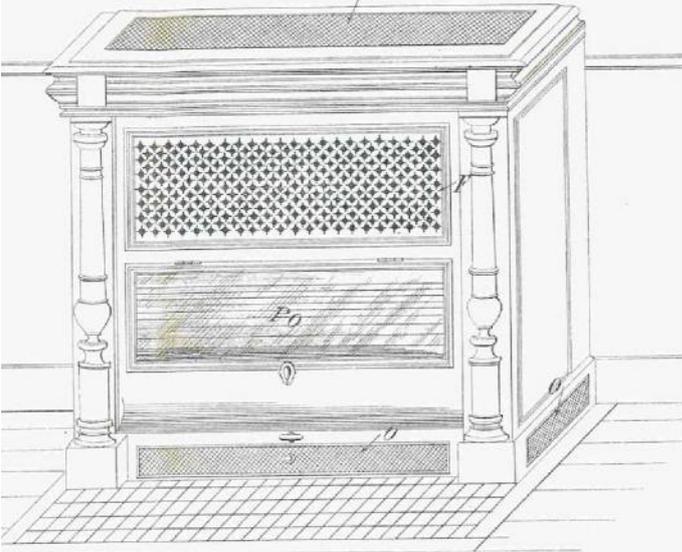
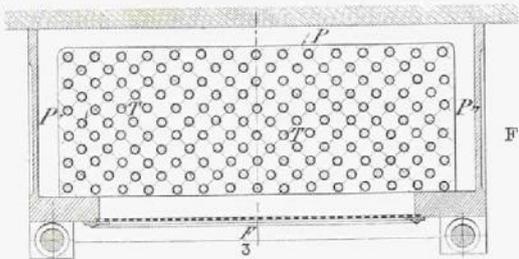


Fig. 3



Poêle à gaz,
système G. Kern,
construction
Utzsneider & C^{ie}

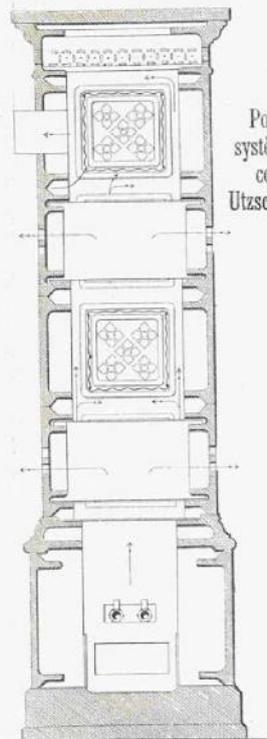


Fig. 4

Echelle 1:10.

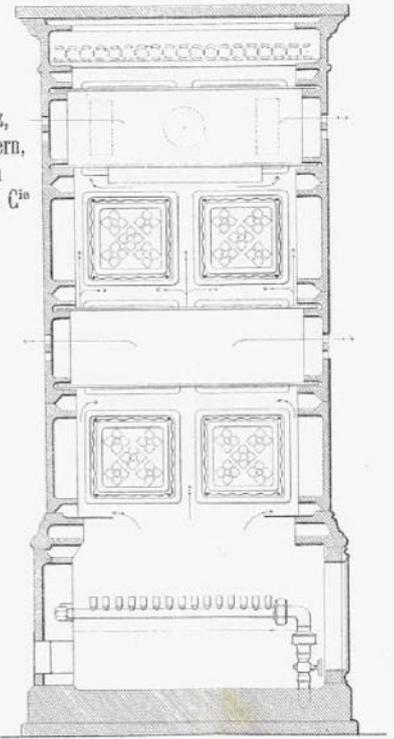


Fig. 5

Poêle à gaz en fonte, à nervures, système G. Kern

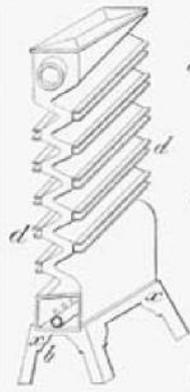


Fig. 1



Fig. 2

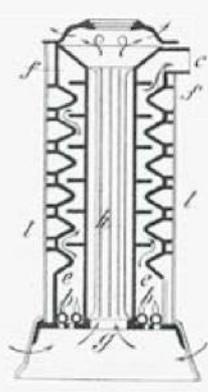


Fig. 3

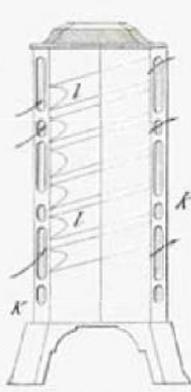


Fig. 4

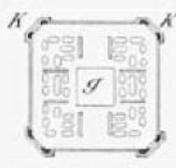


Fig. 5

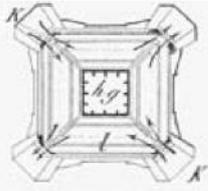


Fig. 6



Fig. 7

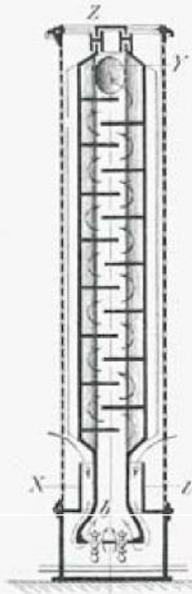


Fig. 8

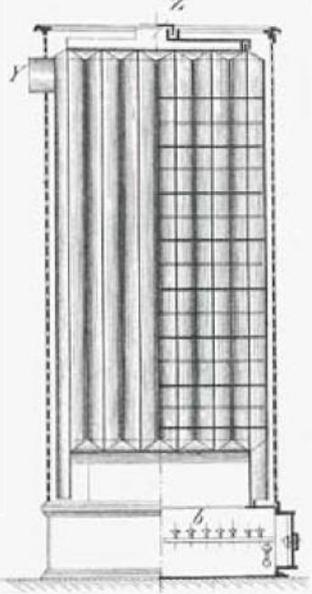


Fig. 9

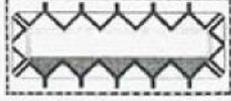


Fig. 10

THÉORIE
DU
CHAUFFAGE AU GAZ

et son application

PAR

GASTON KERN

Ingénieur, Directeur de l'Usine à gaz de Strasbourg

EXTRAIT DU BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE MULHOUSE
Fascicule d'Août-Sept.-Oct.-Nov. 1898

MULHOUSE
Imprimerie Veuve Bader & C^{ie}

—
1898

THÉORIE
DU
CHAUFFAGE AU GAZ

et son application

PAR

GASTON KERN

Ingénieur, Directeur de l'Usine à gaz de Strasbourg

EXTRAIT DU BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE MULHOUSE
Fascicule d'Août-Sept.-Oct.-Nov. 1898

MULHOUSE
Imprimerie Veuve Bader & C^{ie}
—
1898

long développement de tuyaux d'échappement pour l'utilisation complète de la chaleur.

La translation des vapeurs d'eau dans un tuyau en fer présente, du reste, tant d'inconvénients qu'il vaut mieux l'éviter. Là où ce cas est inévitable on fera bien de munir les corps d'une poche à eau pour empêcher le retour des condensations dans le poêle même. Inutile de faire remarquer qu'il faudra porter des soins spéciaux aux jointures des corps pour ne pas s'exposer aux suintements d'eau dans la pièce chauffée.

Troisième cas. — Si l'eau de condensation n'est pas recueillie artificiellement sur son parcours vers la cheminée murée, celle-ci devra être à même de s'en débarrasser facilement. Nos vieilles cheminées ont généralement une glaçure de goudron et l'humidité n'a pas de prise sur leurs parois comme on pourrait le craindre. Dans nos maisons neuves on prendra de préférence des tuyaux en poterie vernie. On réduira la condensation dans la cheminée même, en l'aérant par sa base, et si possible avec de l'air de l'appartement chauffé. Avec quinze fois autant d'air que de fumée il n'y aura plus de condensation et on produira une ventilation salubre de la pièce chauffée.

Plus la cheminée sera étroite plus on évitera la condensation. Une cheminée de 10 centimètres de diamètre suffirait pour un grand fourneau à gaz de deux mètres cubes de débit. En raison des besoins d'aération il sera cependant préférable de s'arrêter à 15 centimètres de diamètre. Notons que l'ouverture de ventilation au bas d'une cheminée sert en même temps de soupape de sûreté pour les coups de vent qui autrement pourraient, dans certaines constructions de poêles, pénétrer jusqu'au foyer à gaz et l'éteindre. On donnera à chaque étage et si possible à chaque pièce munie d'un fourneau à gaz, une cheminée spéciale qui sera prolongée avec avantage jusqu'à la cave où un récipient pourra recevoir les eaux de condensation s'il devait s'en produire.

III^e PARTIE

Application de la théorie du chauffage au gaz aux constructions de poêles

Il est incontestable qu'il s'est produit dans les dernières années un mouvement très prononcé en faveur du chauffage au gaz et les usines à gaz font tous leurs efforts pour propager ce débouché qui est appelé à combler un jour les pertes qu'elles subissent par suite de la concurrence de l'électricité.

La réduction du prix du gaz est certes le plus puissant levier pour cette propagande, et là où le mètre cube de gaz se vend entre 7 et 15 centimes, nous trouvons des applications nombreuses de ce nouveau système de chauffage.

A Munich, Carlsruhe et Strasbourg des écoles entières sont chauffées exclusivement au gaz; à Ludwigshafen c'est l'Hôpital civil et les bureaux de la grande Fabrique de produits chimiques; à Neuss c'est l'Hôtel de ville; à Budapest c'est le grand bâtiment de rédaction du *Pesti-Hirlap* qui, à lui seul, utilise 226 cheminées à gaz pour le chauffage de ses locaux.

Bon nombre d'églises et d'hôtels trouvent leur profit à employer le gaz comme moyen de chauffage, et à Bâle nous avons vu des bureaux, des antichambres, des salles à manger et des salons où la chaleur du gaz rayonne à la grande satisfaction des intéressés.

Nous sommes encore dans la période de l'adolescence pour la construction des fourneaux à gaz, et une fois que la théorie du chauffage au gaz aura pénétré tous ceux qui s'occupent de fabrication de poêles à gaz nous aurons non seulement des appareils absolument irréprochables au triple point de vue hygiénique, économique et esthétique, mais encore au point de vue de la simplicité, de la solidité et du bon marché.

C'est un fait assez frappant que chaque pays a ses propres et très différents modèles de poêles à gaz.

L'Angleterre qui par le bon marché de sa houille devrait tenir

le premier rang dans l'emploi rationnel du gaz comme chauffage, utilise exclusivement des foyers forme cheminée française qui ne donnent qu'un faible rendement. Tantôt ce sont des boules en amiante tantôt la fonte ou la brique réfractaire qui sont chauffées au rouge pour imiter le feu ouvert du coke. Dans tous les modèles

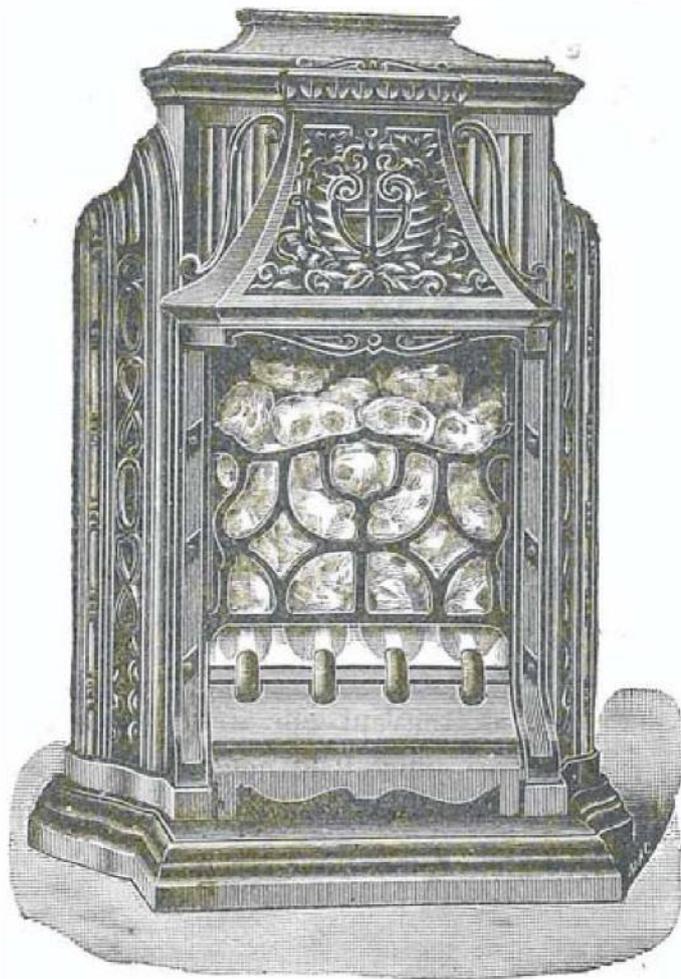


FIG. 1.
Cheminée à gaz anglaise.

que nous avons vus, on cherche à retenir la chaleur par ce moyen et à rendre le feu visible, tangible et rayonnant comme dans les cheminées françaises. Ce sont les systèmes Fletscher, Wilson et Foulis ou Sugg qui sont les plus répandus (Fig. 1).

En France et en Belgique, malgré la cherté du gaz, ce sont également les peu économiques cheminées et poêles, rayonnant par l'amiante incandescent ou par de simples réflecteurs,

qui dominent le marché.

La Compagnie Parisienne du gaz a cependant créé un calorifère tambour dont le rendement est supérieur aux simples cheminées et qui est très répandu en France. (Voir Fig. 2). A signaler aussi les poêles hygiéniques du D^r Potain et du D^r Adam, qui sont cependant peu répandus.

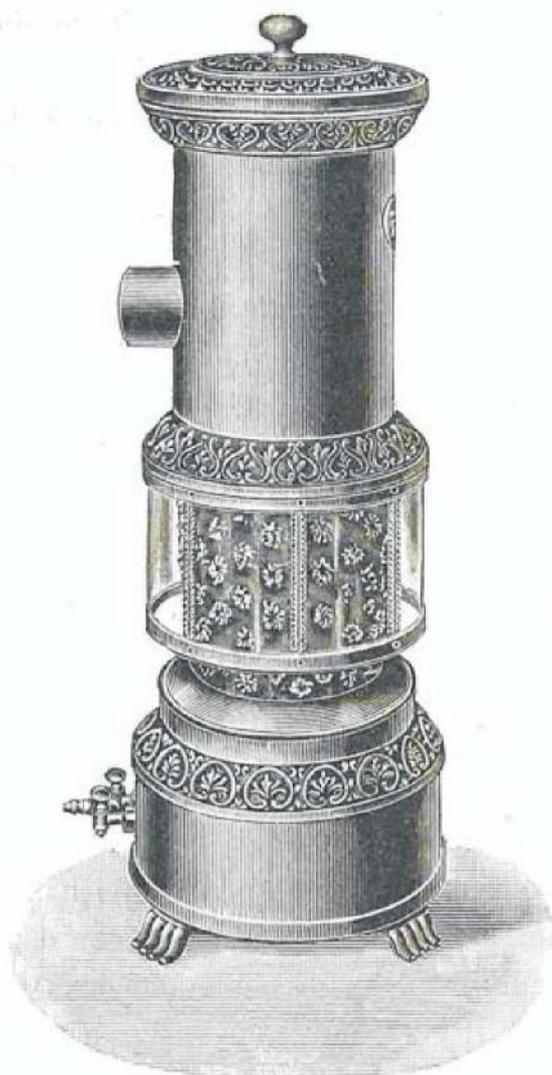


FIG. 2.
Calorifère à gaz français rayonnant.

1° Cheminée à gaz Siemens
à récupération

Cette cheminée, représentée en coupe (Fig. 3) combine le chauffage par rayonnement avec le chauffage par circulation d'air.

Le bas de la cheminée présente un réflecteur concave et ondulé en cuivre poli au haut duquel se trouve la rampe

En Allemagne, il existe un grand nombre de fabricants de poêles à gaz les plus variés et plus ou moins bien étudiés, mais ce sont deux maisons surtout qui se disputent la prépondérance :

1° Fréd. Siemens à Dresde qui, par une construction élégante et économique, a su se créer une grande clientèle ;

2° La fabrique de Warstein dont les produits moins élégants sont surtout employés au chauffage des écoles.

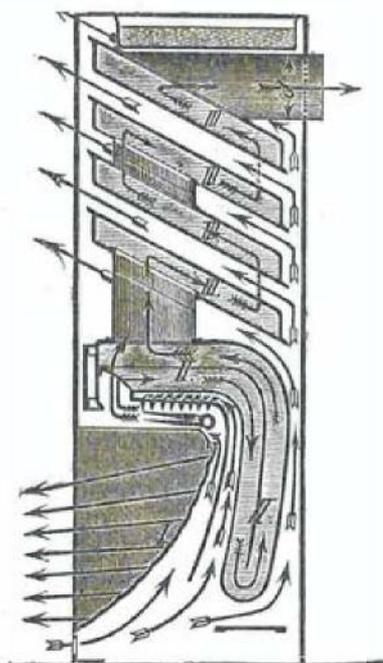


FIG. 3.
Cheminée à gaz, à récupération.



FIG. 4.

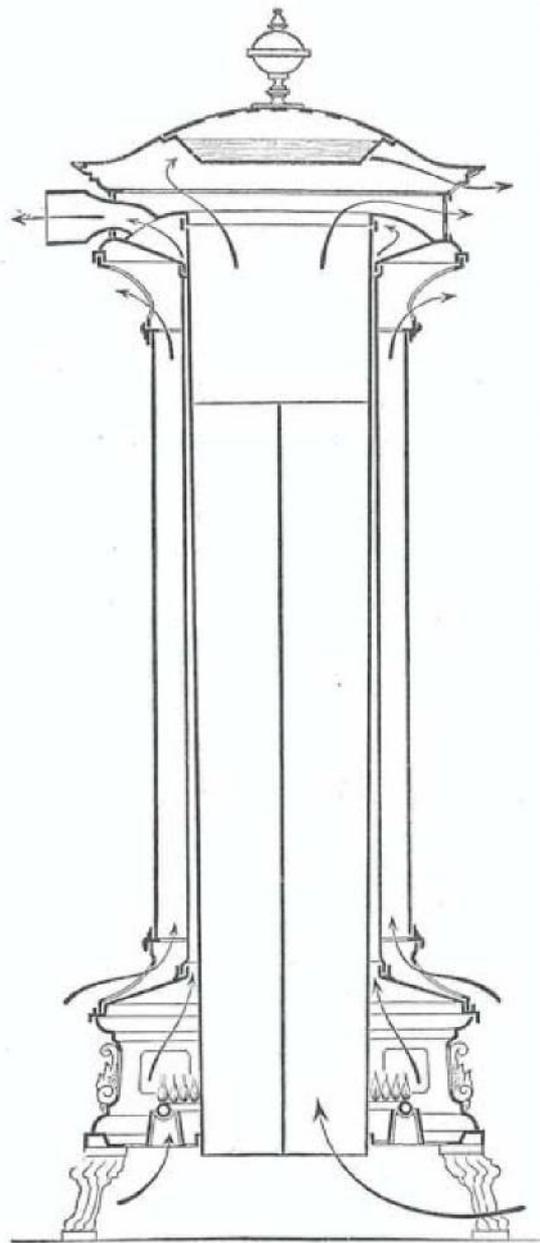


FIG. 5.

Fourneau à gaz de Karlsruhe.

Robinet de sûreté.

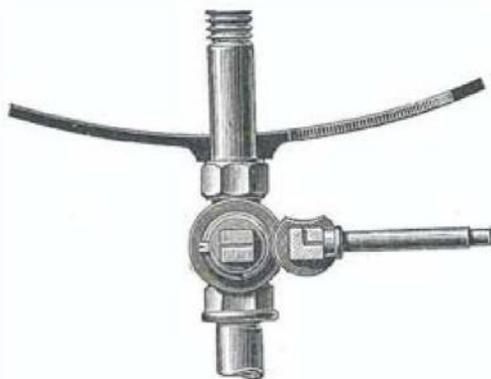


FIG 6.
Poêle hors service.

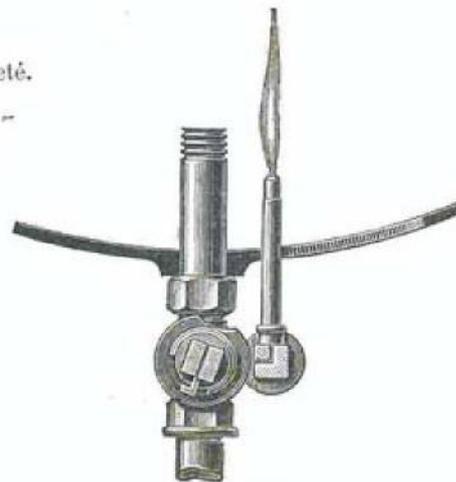


FIG. 7.
Poêle en service.

à gaz. L'air alimentant le feu est aspiré en partie le long du dos du réflecteur et est ainsi chauffé au préalable. C'est ce que M. Siemens appelle la récupération primaire. La récupération des produits de la combustion se fait à travers un système de canaux à grande surface dans lesquels ces produits sont obligés de parcourir un long chemin avant d'atteindre le tuyau d'échappement.

Pour arriver à son but, Siemens fait alternativement descendre et monter les gaz de combustion ce qui ne va bien qu'avec un excellent tirage, et c'est peut-être là le côté faible de cette construction qui fonctionne très inégalement suivant les lieux d'emploi.

Au reste, ces cheminées sont très élégantes et se distinguent des cheminées françaises et anglaises par un excellent rendement qui, dans des conditions d'exploitation favorable, atteint 90 à 95 %.

2° Fourneaux à gaz de la Société des mines et ateliers de Warstein

Cette Société a un grand choix d'appareils dont le modèle de Carlsruhe (*Karlsruher Schulofen*) est le plus connu.

C'est un poêle rond excessivement bien étudié par M. Reichardt, directeur du gaz de Carlsruhe, et M. Meidinger, professeur dans cette même ville. Essayé pour la première fois en grand dans les écoles municipales de Carlsruhe, il y a eu un plein succès et a su conquérir le suffrage du monde savant en Allemagne (Voir Fig. 4, 5, 6 et 7).

Le fourneau est en tôle, cylindrique et à triple enveloppe. A sa base, une couronne de becs papillon. Les produits de la combustion montent par des conduits en spirale ménagés entre les deux cylindres intérieurs espacés de un centimètre seulement l'un de l'autre. L'air du sol monte dans le cylindre intérieur et s'échauffe par contact ; de même l'air aspiré par les ouvertures extérieures du socle et traversant l'anneau fascial. Le rayonnement de la chaleur est expressément évité dans cette construction, tout le chauffage se produit par la circulation de l'air.

Nous y retrouvons le principe énoncé dans notre étude théorique

les avantages des poêles ordinaires en fayence et en fonte sans en présenter les inconvénients.

III. Poêle à gaz en fonte, à nervures et à parois ondulées.

Pour obtenir une grande surface de chauffe, on a surtout pensé, jusqu'à présent, aux ailettes sur parois planes ou cylindriques. Ces ailettes transmettent simplement la chaleur que leur communique la paroi. En ondulant les parois et en les combinant avec des ailettes, on augmente considérablement l'effet utile. C'est la Badische Anilin- u. Soda-Fabrik, à Ludwigshafen, qui construisit, pour son propre usage, les premiers fourneaux à gaz à parois en tôle ondulée.

En appliquant cette idée à la fonte, j'ai pu ajouter aux parois ondulées des ailettes tant extérieures qu'intérieures et créer une série de modèles qui sont représentés planche XIV.

La fig. 1 donne une perspective, la fig. 2 une coupe du poêle à ondulations et nervures inclinées. On reconnaît facilement le chemin en zig-zag qui est imposé aux fumées et la grande surface de chauffe qu'elles lèchent, et qui est la même pour l'air ambiant. Les parois ne sont distantes que de 3 centimètres l'une de l'autre; l'appel d'air comburant est ainsi limité au nécessaire. L'inclinaison des ondes favorise la circulation et l'échauffement rapide de l'air de l'appartement, et les canaux ainsi formés aspirent, pour ainsi dire, les couches basses pour les projeter en avant dans le sens de leur pente.

Les fig. 3 à 6 représentent ce même principe de construction appliqué aux fourneaux carrés. Il se forme alors au centre un canal *g* à ailettes *h* (fig. 5, 6, 7), qui sert de cheminée d'appel pour les couches d'air du plancher, qu'il chauffe rapidement.

Ces différents modèles, entourés d'un manteau en tôle artistiquement émaillé, sont très agréables à l'œil, ainsi que l'indiquent les prospectus des usines métallurgiques de Gaggenau.

Fig. 8 et 9 représentent un perfectionnement de la même idée sous une forme nouvelle et plus pratique. Les parois ondulées et les nervures extérieures sont verticales, tandis que les nervures

intérieures sont horizontales. On obtient ainsi le maximum de surface de chauffe qu'il soit possible d'atteindre dans un espace donné.

La fonte employée pour ce modèle par MM. de Dietrich & C^{ie}, à Niederbronn, est très mince, et les deux seules jointures qui assemblent les parois sont droites, verticales et ne présentent aucune résistance aux gaz de combustion, ce qui exclut toute fuite et toute odeur.

Le socle est muni de deux rampes à gaz dont chacune alimente 10 becs papillon de 50 litres à l'heure. Chaque membre a son rhéomètre qui assure un débit constant, quelle que soit la pression donnée à l'usine à gaz. L'air comburant entre dans le socle par les ouvertures jaugées *A*, vient lécher l'écran à nervures *E*, s'y chauffe et arrive aux brûleurs. L'allumage des rampes s'effectue de la façon la plus simple : on ouvre la portière du socle et on allume l'une ou l'autre des deux rampes, comme un bec de gaz ordinaire. Les brûleurs et les rampes sont tellement rapprochés que la flamme se communique de proche en proche d'une façon absolument sûre. La large porte du socle permet, du reste, la vérification facile des brûleurs, des rampes et de la robinetterie.

Ces poêles trouveront de préférence leur application dans les écoles, les églises, les bureaux et magasins industriels, et partout où l'économie doit prédominer.

Régulateurs de température pour poêles à gaz (thermostats).

Nous avons eu l'occasion d'expérimenter deux appareils qui, intercalés dans la conduite d'amenée du gaz, règlent parfaitement la température du local en augmentant ou en diminuant automatiquement le débit du gaz.

Comme nous n'avons pu trouvé la description de ces appareils dans la littérature, nous tenons à compléter notre étude en les faisant connaître ici.

I. Régulateur système O. Boehm (Stuttgart).

Cet appareil est basé sur les variations d'une spirale *F*, très sensible aux changements de température. Cette spirale actionne la sou-

pape *V* (fig. 8 et 9) de telle sorte qu'une augmentation de température a pour effet de diminuer le débit du poêle en amoindrissant la section libre au passage du gaz, et *vice versa*, si la chaleur de la chambre se met à baisser. L'extrémité d'un tourillon passant par le presse-étoupe de la boîte *K* est emmanchée sur le levier *Z* actionné par la vis micrométrique *M*. Cette vis permet de tendre ou de détendre la spirale *F*, pour la régler au débit maximum qu'il faut pour atteindre, suivant la saison, le maximum de température désiré. La vis *U* sert de by-pass au gaz et doit être réglée de telle façon que, la soupape complètement fermée au moyen de la

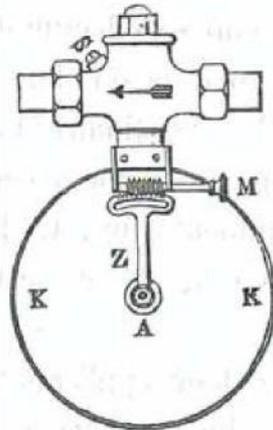


FIG. 8.

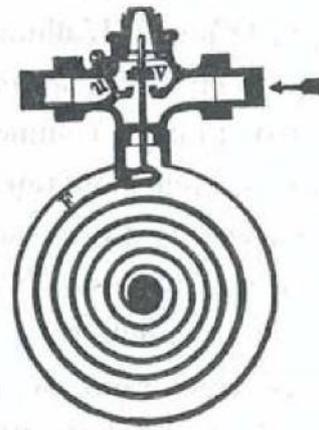


FIG. 9.

Thermostat Boehm.

vis *M*, le passage du gaz par le petit orifice *U* soit encore assez assuré pour que la rampe du poêle ne s'éteigne pas.

Ce régulateur Boehm a été soumis à des essais officiels par l'administration des poids et mesures de Stuttgart. En voici le résultat :

On se proposait d'examiner l'appareil au point de vue de sa sensibilité aux variations subites de températures et on le plaça à cet effet dans un bain d'eau muni d'un thermomètre lisible à $\frac{2}{10}$ de degré C près. Cette installation fut intercalée dans la conduite entre un compteur de précision et un poêle d'un débit maximum de 1400 litres de gaz à l'heure.

Les tableaux suivants indiquent les chiffres relevés à 40 millimètres de pression et avec l'appareil réglé à 15° C maximum de température.

Durée de l'expérience en minutes	Température du bain du régulateur	Débit de gaz en litres	Débit par minute
Essai I. — La température baisse de 15 à 12° C			
1	15°	0	0
6	14°6	1	1/6
2	14°2	5	2,5
2	13°8	14,5	7,25
2	13°2	26	13
2	13°	36	18
2	12°8	42,5	21,25
2	12°6	45	22,5
Essai II. — La température hausse de 12 à 15° C			
2	12°6	45	22,5
2	12°8	42,5	21,25
2	13°	36	18
2	13°2	26	13
2	13°8	9,5	4,75
2	14°2	1,5	0,75
6	14°6	1	1/6
1	15°	0	0

L'essai I démontre qu'avec une baisse de température de (15 à 12°,6 = 2°,4 C, l'appareil donne en 2 minutes un débit de 45 litres.

L'essai II prouve la sensibilité de l'appareil qui réduit le débit à zéro dès que les 15° C maximum sont atteints dans le bain, soit par l'air ambiant.

II. Régulateur système C. A. Porges (Leipzig).

Cet appareil, fig. 10 et 11, a le même but que celui de Boehm dont il diffère cependant tout à fait comme construction. Son fonctionnement est basé sur le principe de la dilatation des vapeurs.

Un liquide s'évaporant à basse température (le chlorure d'éthyle, point d'ébullition 12°,5 C), est hermétiquement enfermé dans un récipient en métal *K*. Sous l'action de la pression de la vapeur qui

est fonction de la température ambiante, ce récipient se dilate ou se rétrécit; et la soupape d'admission suit le mouvement et règle le passage du gaz. La soupape est réglée à l'aide de la vis *R*. Désire-t-on un maximum de température plus fort, on augmente l'arrivée du gaz en tournant le levier *Z* dans la direction de la flèche *W* (*Warm*), ce qui donne plus de jeu à la dilatation des vapeurs. Si au contraire la chaleur maximum semble être trop forte (au printemps, p. ex.), on diminue le jeu du récipient en serrant la vis *R* dans la direction de *K* (*Kalt*).

L'ouverture *U* pratiquée dans le siège de la soupape *C* empêche l'extinction complète de la rampe de chauffage; tandis que la vis *T* permet de comprimer le ressort *F* qui presse la soupape *T* contre le cône *P* et qui fait équilibre avec le récipient *K*.

Ces appareils me semblent avoir une grande importance pour l'avenir du chauffage au gaz, et ils sont, du reste, très répandus en Allemagne. Muni de thermostats, le chauffage au gaz ne fonctionne que quand il est nécessaire, et s'éteint dès qu'il devient inutile. Par les grands froids on aurait peut-être intérêt à laisser marcher ces appareils avec le chauffage jour et nuit, car la

Thermostat Porges.

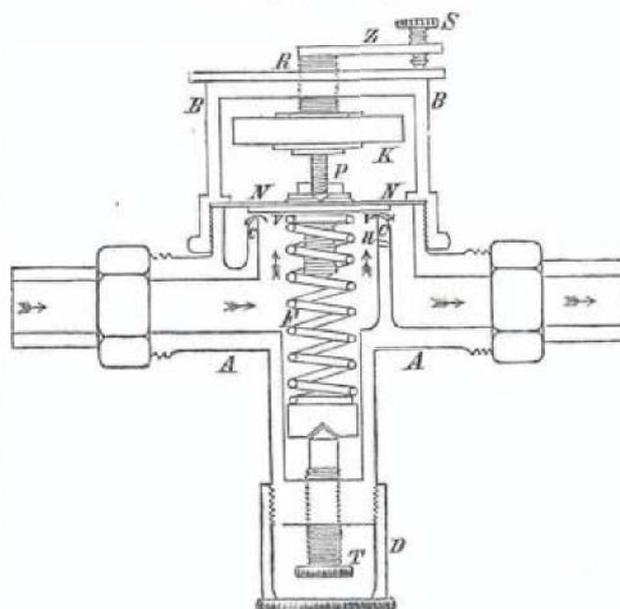


FIG. 10.
Coupe.

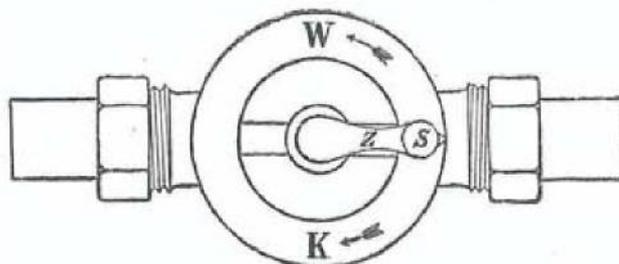


FIG. 11.
Vue en place.

chaleur emmagasinée pendant la nuit ne saurait être perdue complètement pour le chauffage de jour qui sûrement en bénéficierait.

IV^e PARTIE.

Etude comparative des frais de chauffage au gaz, au bois, à la houille et au coke

La littérature est presque muette sur ce chapitre, surtout en ce qui concerne le chauffage particulier, et on ne s'en étonnera pas quand on songe aux difficultés que présente ce genre d'étude. Il faudrait de patientes recherches, durant de nombreux hivers, pour pouvoir comparer avec leurs mille détails d'observations et de combinaisons les différents systèmes de chauffage appliqués aux mêmes locaux et dans des conditions égales.

Citons d'abord M. Aimé Girard, membre de l'Institut, qui a fait des expériences très intéressantes dans son propre logement (Voir séance du 26 octobre 1894 de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale).

« Cette question, dit M. Girard, à l'étude de laquelle j'ai été conduit par de modestes considérations d'ordre domestique, est celle de la dépense qu'entraînent comparativement, pour le chauffage des appartements, d'un côté, l'emploi *continu* de poêles mobiles utilisant la combustion lente de l'anthracite, d'un autre, l'emploi *intermittent* de poêles à gaz, mobiles également, mais à combustion vive. »

M. Girard se sert, d'une part, du calorifère-tambour de la Compagnie parisienne du gaz ; d'autre part, du petit poêle à anthracite, connu sous le nom de Choubersky, et arrive, en fin de compte et après une campagne de 136 jours, aux résultats suivants :

Pour le poêle à anthracite. 1050 kilogr. à fr. 60.— = fr. 63.—
Pour le poêle à gaz 197 mètr. cubes à » —.30 = » 59.10
soit une dépense moyenne par jour de :

fr. 0.47 pour l'anthracite,
et » 0.44 pour le gaz.

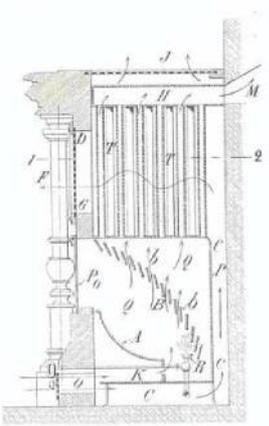


Fig. 1

Echelle 1:10.

Cheminée à gaz, système G. Kern.

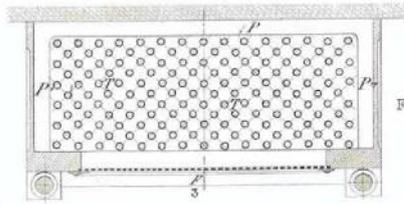
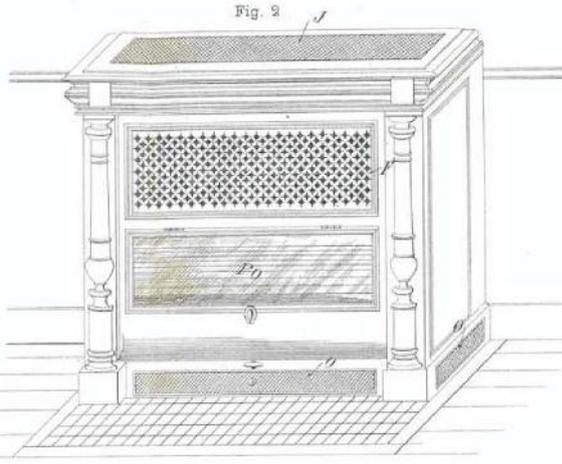


Fig. 3

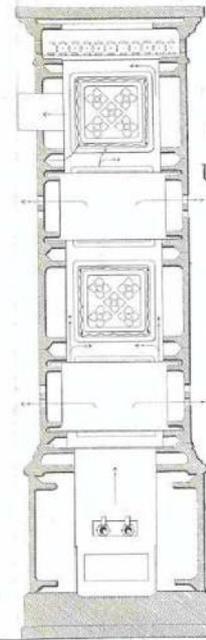


Fig. 4

Poêle à gaz,
système G. Kern,
construction
Utzschneider & C^o

Echelle 1:10.

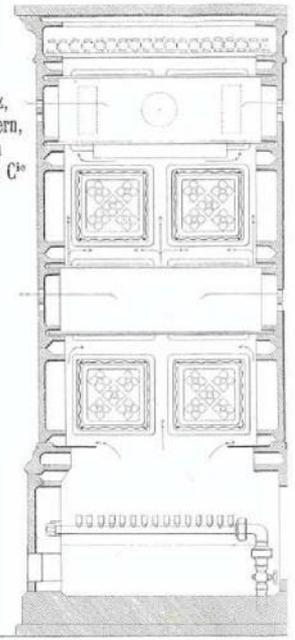


Fig. 5

Poêle à gaz en fonte, à nervures, système G. Kern

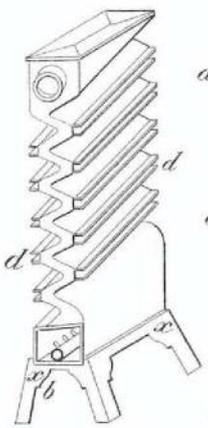


Fig. 1



Fig. 2

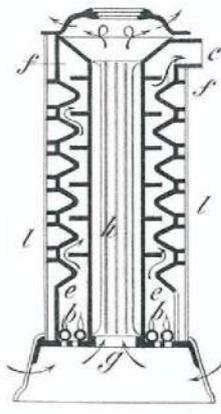


Fig. 3

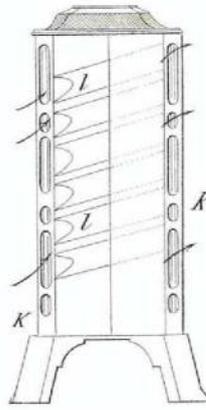


Fig. 4

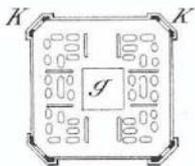


Fig. 5

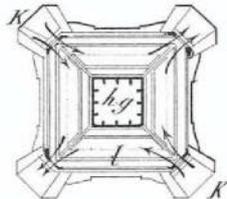


Fig. 6

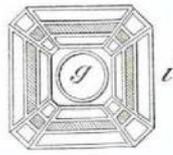


Fig. 7

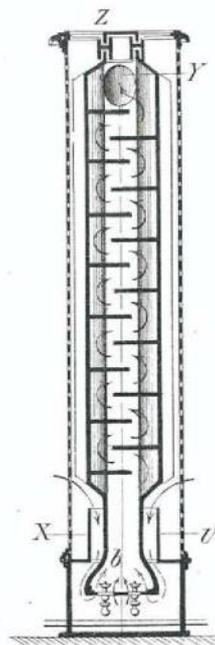


Fig. 8

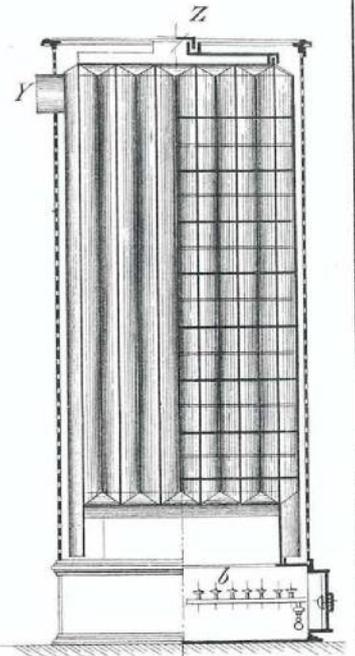


Fig. 9

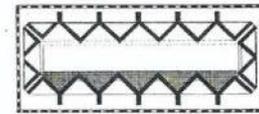


Fig. 10