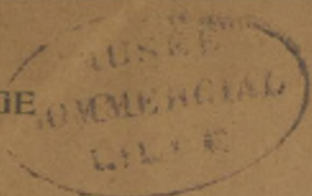


Henri BIÈGE



LE

Gaz d'Eclairage

ET

ses Applications modernes

HISTORIQUE — LE GAZ D'ÉCLAIRAGE
UNITÉS — CONSOMMATION MOYENNE DES BECS
CHAUFFAGE AU GAZ : RADIATEURS ET CHAUFFAGE CENTRAL
MOTEURS A GAZ
SOUS-PRODUITS DU GAZ — ALLUMEURS
RENSEIGNEMENTS DIVERS
ÉCLAIRAGE AU GAZ SURPRESSÉ

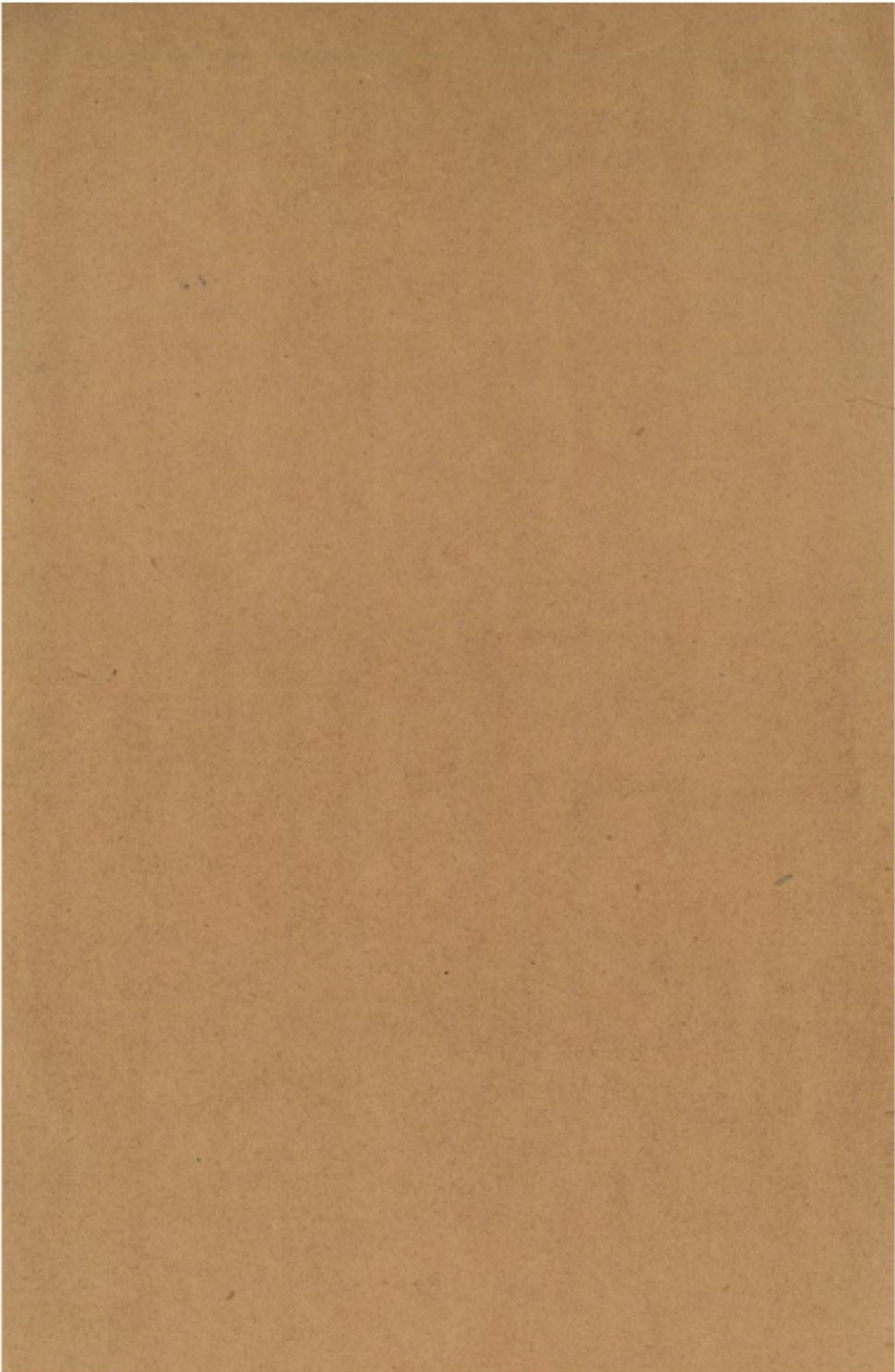
PARIS

LIBRAIRIE GÉNÉRALE SCIENTIFIQUE ET INDUSTRIELLE

H. DESFORGES

29, Quai des Grands-Augustins

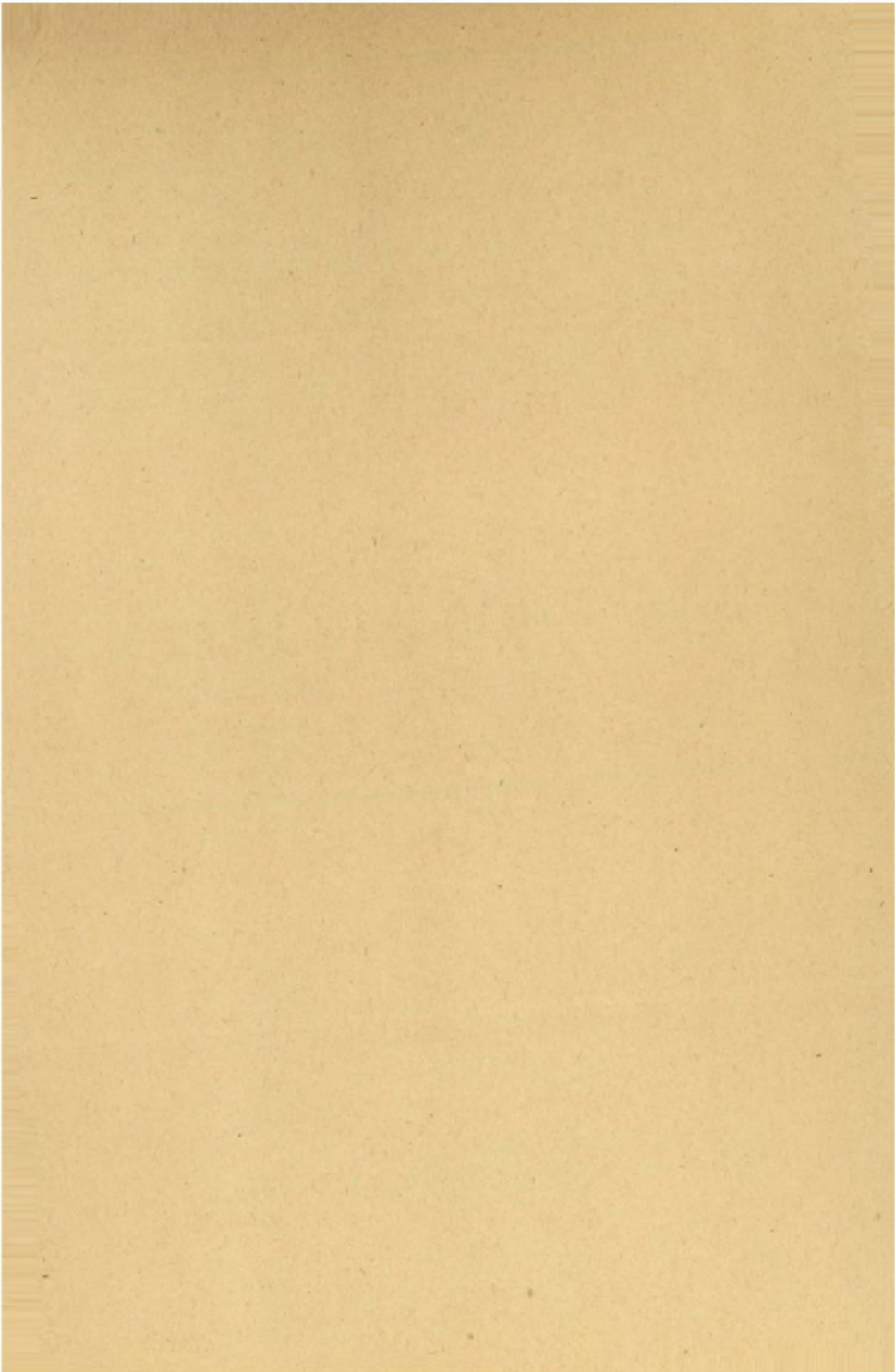
—
1912



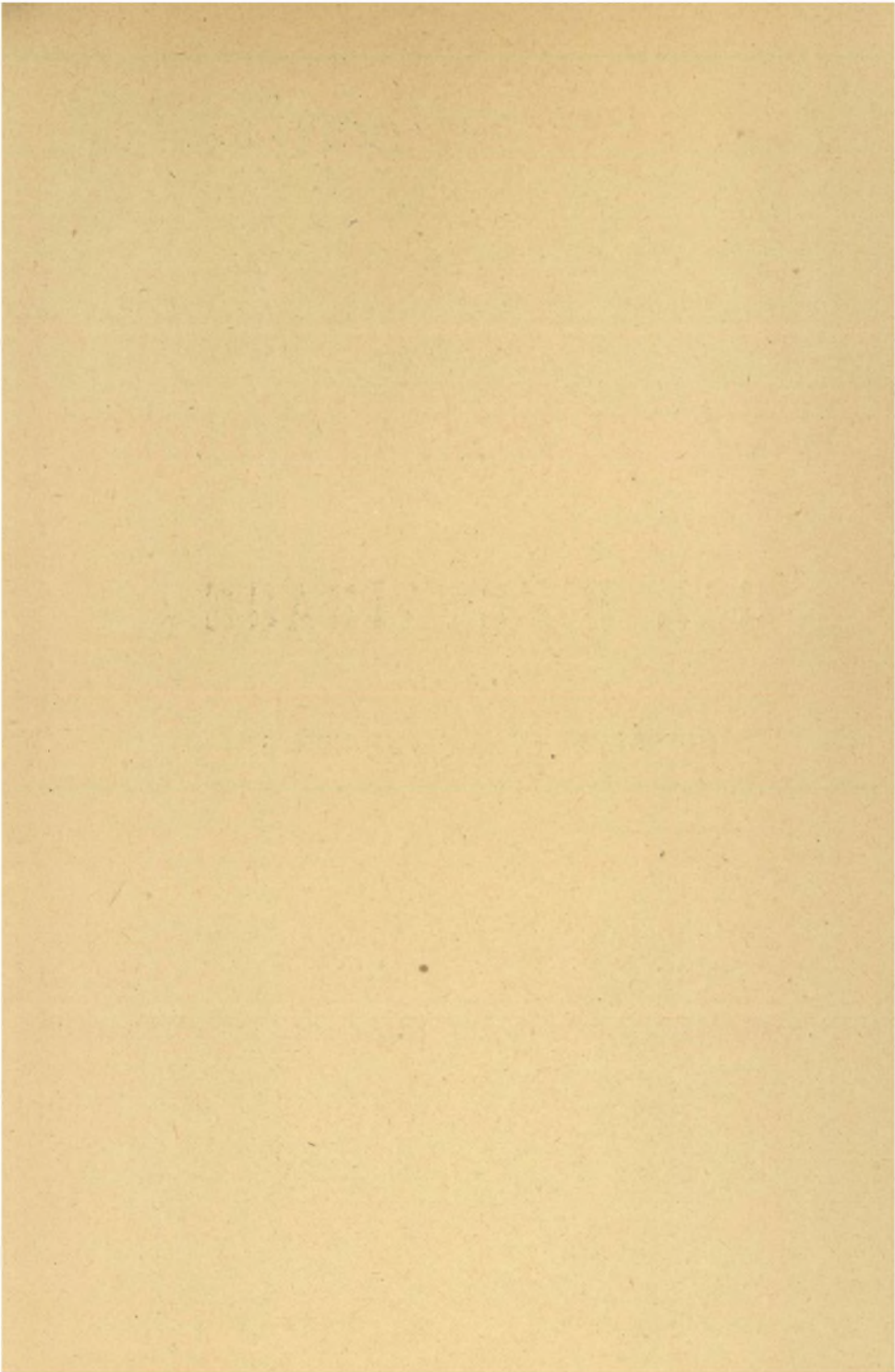
1892 / 20/8/23

Section du Syndicat des Antiquaires





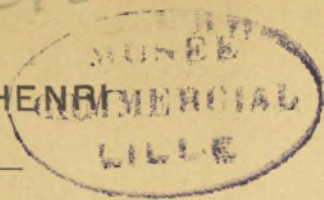
LE
GAZ D'ÉCLAIRAGE
ET
SES APPLICATIONS MODERNES



403315/-192120

1571 4012

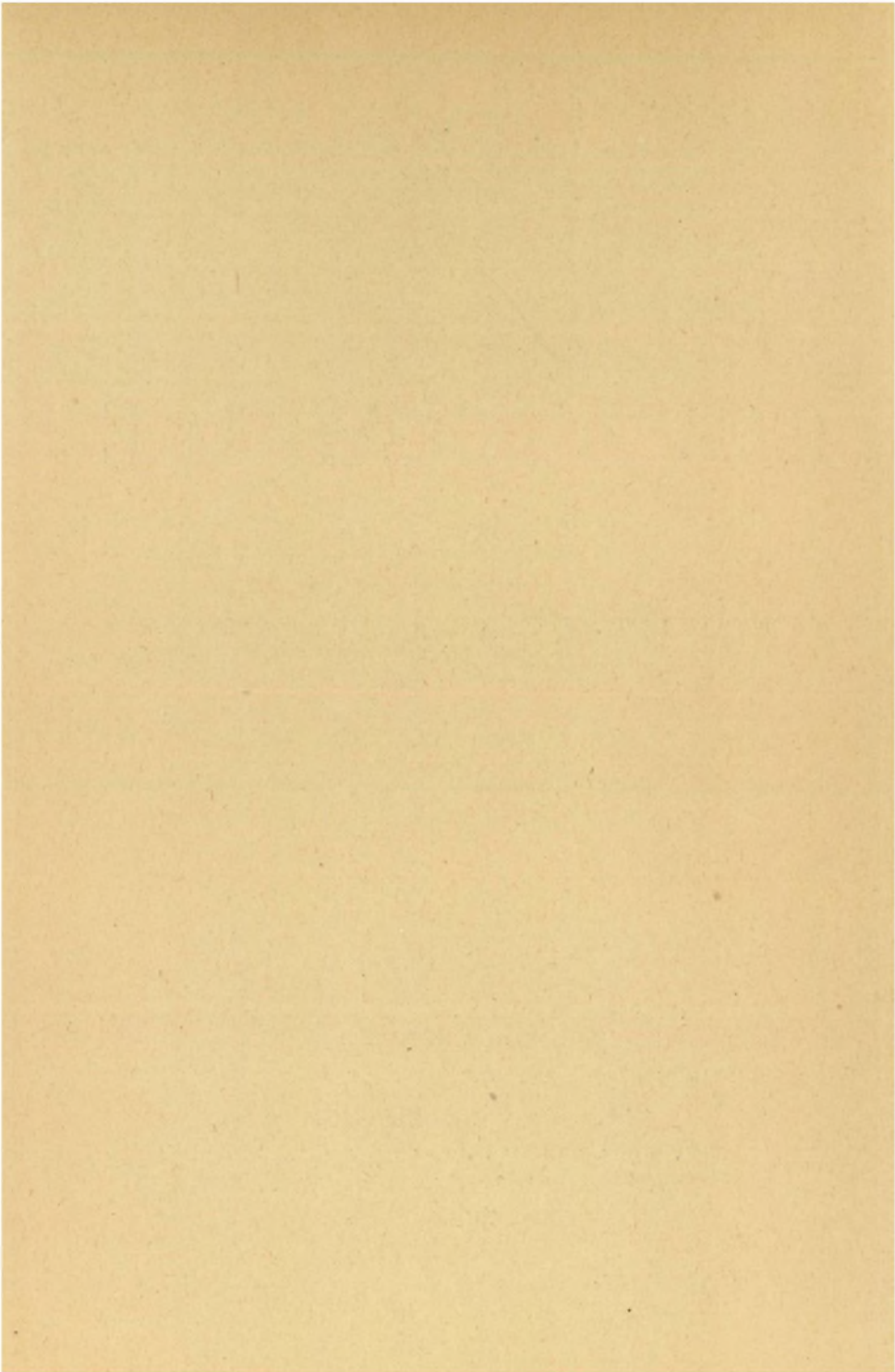
BIÈGE HENRI



LE
GAZ D'ÉCLAIRAGE
ET
SES APPLICATIONS MODERNES

PARIS
LIBRAIRIE GÉNÉRALE SCIENTIFIQUE ET INDUSTRIELLE
H. DESFORGES
29, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 29

1912



INTRODUCTION

Les progrès croissants du vieil éclairage au gaz, ses applications toujours plus nombreuses m'ont suggéré la modeste idée de condenser en un petit opuscule les renseignements généraux relatifs à cette importante industrie.

Les indications qui vont suivre sont le fruit de seize années d'expériences publiques, et les tableaux y annexés ont été en partie établis d'après des observations personnelles ou puisés aux sources les plus autorisées.

Aussi n'emploierai-je que des termes clairs et précis, m'efforçant, quand le besoin s'en fera sentir, d'indiquer la signification scientifique des passages qui pourraient sembler trop techniques.

Ne voulant faire montre d'aucune prétention au-dessus d'ailleurs de ma compétence, je ne souhaite que voir ces quelques lignes intéresser le lecteur, me considérant fort heureux si je puis y réussir.

Ce n'est d'ailleurs qu'un court aperçu des emplois du gaz et de ses sous-produits que je tente ici, des volumes entiers dus aux maîtres les plus réputés ayant été consacrés et devant certainement l'être encore sur ce sujet

si vaste, mais le cadre restreint que je me suis tracé ne me permet pas d'entreprendre une description plus étendue et m'oblige à écarter une foule d'indications utiles.

Ce petit livre devant être à la portée de tous, de plus amples renseignements ne feraient qu'en atténuer la facile compréhension.

Pour sa clarté, je l'ai divisé en 14 chapitres donnant, dans la mesure du possible, une idée sommaire de la partie traitée.

BIÈGE HENRI,

*Ancien élève de l'École Municipale Diderot
Adjoint technique à la Société du Gaz de Paris.*

LE GAZ D'ÉCLAIRAGE

ET SES APPLICATIONS MODERNES

CHAPITRE PREMIER

Histoire de l'Éclairage.

Depuis l'origine des temps anciens où l'antique torche de résine subvenait aux besoins de l'éclairage, que de progrès n'a-t-on réalisés! L'huile et la chandelle furent longtemps les seules substances employées à l'éclairage public ou privé.

C'est le 7 juin 1524 que, pour la première fois, il y eut un commencement d'éclairage public à Paris où l'on se servait de lanternes à chandelles fumeuses dont un des moindres inconvénients était de moucher fréquemment la mèche; jusqu'en 1697, Paris fût la seule ville à être publiquement éclairée; les réverbères inventés par Bourgeois de Chateaublanc en 1765 furent mis en service de 1769 à 1819; ces réverbères contenaient une petite lampe à huile, dans le genre de celles encore en usage par l'éclairage Levent.

Vers 1780, une des plus importantes découvertes, relative à la combustion des corps, fut faite par le physicien Aimé Argand, qui reconnut le caractère gazeux des flammes

et remarqua que seules les parties en relation avec l'oxygène de l'air obtenaient un pouvoir lumineux d'où l'idée lui vint de remplacer les mèches plates, alors en usage, par d'autres mèches circulaires au centre desquelles l'air pouvait passer, formant ainsi avec l'extérieur un double courant d'air; il fit en outre construire pour la première fois les cheminées en verre adaptées sur ce système à double courant d'air qui existe encore actuellement et qui a reçu son application au gaz d'éclairage.

Quinquet réclamait et réussit à obtenir le privilège de cette découverte, et Argand mourut misérable dans sa ville natale à Genève le 14 octobre 1803, âgé de 53 ans.

Ensuite furent successivement trouvées : les lampes à crémaillère, les lampes Carcel Guillaume, Gagneau, Philippe de Girard, les lampes modérateur, Brévignon, etc., qui obtinrent tour à tour la faveur du public.

Toutes ces lampes étaient à base d'huile comme combustibles, et, jusqu'en 1830, les corps gras n'étaient employés qu'en chandelles suif ou bougies et cire; ce n'est qu'en 1789 que Philippe Lebon créait l'éclairage au gaz par la calcination du bois.

Vers la même époque, en 1807, Humphry Davy, célèbre physicien anglais, produisait la lumière électrique au moyen d'une pile de deux mille éléments de Volta, et Léon Foucault, en 1844, qui en fit la première application, devait à son tour donner un merveilleux essor à ce nouveau mode d'éclairage.

En 1858, une révolution dans l'art de la lumière devait survenir à la suite d'une découverte accidentelle dans l'Amérique du Nord de sources d'huiles pétrolifères, et pendant quelque temps le gaz d'éclairage eut à soutenir une lutte assez rude d'où il devait sortir vainqueur.

En Amérique, il existe des gaz naturels¹, c'est-à-dire

1. Un singulier cas de jet naturel de gaz se manifesta dans une houillère anglaise à Whitehaven, dans le comté de Cumberland, où des mineurs

jaillissant du sol après perforation de puits. Ces gaz sont employés pour le chauffage ou l'éclairage et se composent approximativement de 90 % de paraffine, 9 % d'azote, 1 % d'acide carbonique.

Enfin en 1885, le docteur Auer de Welsbach, de Vienne, vint rendre encore pour longtemps l'usage public et domestique du gaz indispensable comme éclairage.

Et actuellement même, les infatigables chercheurs, ne se lassant jamais, espèrent arriver, au moyen de gaz de ville surpressé de 2/10 à 4 et 2 atmosphères dans des appareils appropriés, à rivaliser avec la fée Electricité, qui vraiment n'a qu'à bien se tenir aussi, puisque, même pour les moteurs industriels, elle doit concurrencer le gaz pauvre : Dowson, Pierson, Strong et autres, qui lui aussi fait d'incessants progrès.

employés à l'extraction de la houille étaient actionnés à leur travail, quand, soudain, une immense gerbe de flamme de deux mètres de hauteur jaillit semant l'épouvante autour d'elle; cette flamme, éteinte à grand'peine, se renouvelait au contact d'une lumière, et ce n'est que grâce à des événements assez mal définis que l'on n'eut point de catastrophe à déplorer; cette veine gazeuse, conduite, à la surface du sol, par des drains, resta enflammée trente-trois mois sans discontinuer et fut l'objet de la plus vive curiosité de cette époque.

CHAPITRE II

Notions sur le Gaz d'éclairage.

Quelques notions sommaires sur l'origine et la composition du gaz d'éclairage ne seront pas superflues ici, quoique d'autres traités nous aient déjà plus amplement renseignés sur cette question importante.

Le gaz d'éclairage est un fluide (hydrogène bicarboné) expansible et compressible qui, d'ailleurs, comme tous les gaz, est susceptible de se liquéfier et même de se solidifier¹ en le comprimant et en le refroidissant fortement.

Les principaux précurseurs de l'industrie du gaz furent : Philippe Lebon, ingénieur en chef des ponts et chaussées, né en France, dans la Haute-Marne, à Brachet, en 1769, véritable inventeur du gaz ; Murdoch et Winsor, de nationalité anglaise, qui aidèrent puissamment au développement de cette industrie qui, par la suite, devait prendre un si grand essor.

Priestley, illustre physicien et chimiste anglais, qui découvrit aussi l'oxygène, s'occupa, ainsi que de nombreux savants, de l'extraction des gaz.

Presque simultanément, en 1739, le docteur Clayton,

1. Il n'existe plus de gaz permanents, mais la solidification n'est encore atteinte que théoriquement, et on ne fait que la supposer possible.

d'abord, connut un premier succès par l'inflammation du gaz obtenu par la distillation de la houille ; en 1767, l'évêque de Llandoff expérimenta la nature des gaz, leur valeur et les produits de la même distillation.

Philippe Lebon, en 1785, indiqua la façon vraiment pratique d'utiliser le gaz d'éclairage et en 1799 prenait un brevet en ce sens. Ce brevet, hélas ! ne lui servit en rien, car il ne put jamais le faire valoir et mourut, percé de treize coups de couteau, le 2 décembre 1804, comme de trop nombreux inventeurs, oublié et très miséreux ; en récompense posthume, sa veuve reçut une pension du gouvernement.

La gloire est le soleil des morts, comme l'a si bien dit Balzac.

En 1792, Murdoch, s'étant emparé des procédés Lebon, les étudia plus amplement, et, au bout de dix années, réussit à en effectuer une application publique à la manufacture de Soho (Angleterre).

Les débuts avaient presque exclusivement porté sur la distillation de la sciure de bois, mais, reconnaissant que le résultat ainsi obtenu ne produisait qu'une faible lumière, Lebon et ses imitateurs préconisèrent la houille comme pouvant atteindre un but meilleur ; ce sont encore actuellement ces procédés qui sont employés, mais avec de croissants perfectionnements.

Le gaz d'éclairage est de composition extrêmement variable et on ne peut le représenter par aucune formule constante ; il peut être obtenu avec toutes les substances contenant du carbone et de l'hydrogène : les houilles, le cannel-coal, le boghead, les huiles de boghead, le bois, la tourbe, les résines, les huiles, les lignites, les schistes bitumineux, le pétrole brut, les graines oléagineuses, les huiles végétales, les débris animaux, les os, l'huile de poisson, les graisses altérées, la décomposition de l'eau par le fer ou le charbon, les résidus graisseux d'huiles de savon, la lie de vin, les raclures de liège, etc., etc., mais

c'est de la houille que l'on obtient le plus grand rendement, tant en pouvoir calorifique et lumineux qu'en sous-produits qui deviennent de jour en jour une source de revenus considérable grâce aux progrès continuels de la science industrielle.

Les matières végétales en décomposition dans le sol contiennent une forte partie de gaz dit des marais ou gaz méthane (CH_4), qui lui-même entre en très forte proportion dans le gaz d'éclairage.



CHAPITRE III

Houilles propres à la fabrication du Gaz d'éclairage.

Les houilles distillées en vase clos, portées au rouge et destinées à la fabrication du gaz d'éclairage, sont essentiellement composées de carbone, d'hydrogène et d'oxygène ; elles donnent à l'analyse qualitative, quantitative, immédiate et élémentaire les indications suivantes :

Densité : 1,33

Rendement en gaz (par 1.000 kilos).	290 m. ³
Rendement en coke.	60 %
Eaux ammoniacales.	7 %
Teneur en substances volatiles.	30 %
Pouvoir éclairant du gaz.	7 à 9 (bougies décim.) (maximum)
Poussières et divers.	9 %

ou bien encore, sans compter les cendres :

Carbone	85,85
Oxygène	8,15
Hydrogène	5,
Azote.	1,
	<hr/>
	100, »

ou bien aussi, ce qui revient toujours à peu près au même :

Gaz	23 à 32 ‰
Coke (1 k ^g ,5 à 2 k ^g) pesant.	35 à 90 k ^g ‰ k ^g
Matières volatiles.	26 à 40 ‰
Carbone	80 à 90 ‰
Cendres.	7 à 10 ‰ (maxim.)
Hydrogène	5 à 6 ‰
Oxygène	5,5 à 10 ‰
Eaux ammoniacales ou d'hydratation	4,5 à 10 ‰ (maxim.)
Goudron	3,9 à 5,6 ‰
Soufre	0,5 à 2 ‰ (maxim.)
Azote.	1, ‰

MM. Chevreul, Morin, Pélignot et Regnault, ayant opéré avec des houilles d'Anzin et de Mons, ont trouvé sur 100 kilogrammes de houille distillée :

Gaz	22 m. ³ 94
Coke.	75 kil. 46
Goudron	6 kil. 73
Eau ammoniacale	7 lit. 34

Ces houilles figurent dans la catégorie dite : grasses, sèches et à longues flammes; elles proviennent particulièrement des bassins français de l'Allier, de l'Aveyron, de la Bretagne, du Gard, de l'Hérault, de la Loire, de la Nièvre, du Nord, du Pas-de-Calais, du Puy-de-Dôme, des bassins anglais de Newcastle, des bassins belges de Mons, du Centre. Elles sont composées de façon très variable, et ce n'est que par des mélanges sciemment opérés que l'on arrive à un bon résultat et qui est de donner 28 à 34 m.³ de gaz pour 100 kilogrammes distillés, 48 à 49 hectolitres de coke pour 1.000 kilogrammes; ce coke doit peser 400 kilogrammes le mètre cube.

1 kilogramme de houille développe moyennement par sa combustion 8.000 calories, soit 3.400.000 kilogrammètres.

Une houille contenant 10 ‰ d'eau a un rendement en

gaz d'environ 40 %, inférieur à une houille de bonne composition.

Avant son épuration, c'est-à-dire à la suite immédiate de la distillation, le gaz contient les composés suivants : carbures d'hydrogène volatils, huiles empyreumatiques, sels ammoniacaux, goudron, acide carbonique, oxyde de carbone, sulfure de carbone, hydrogène pur, bicarboné, protocarboné, sulfuré, ou plus simplement des composés de méthane, d'hydrogène et autres carbures d'hydrogène.

Les produits de la distillation sont :

1. *Gaz d'éclairage.*

Gaz éclairants riches en carbone	}	Acétylène.
		Allylène.
		Amylène.
		Butylène.
		Ethylène.
		Propylène.
Gaz éclairants contenant des vapeurs riches en carbone.	}	Benzène.
		Naphtalène.
		Toluène.
Gaz éclairants mais pauvres en carbone	}	Hydrogène.
		Méthane.
		Oxyde de carbone.
Gaz nuisibles et non éclairants.	}	Acide carbonique.
		Ammoniaque.
		Azote.
		Cyanogène.
		Hydrogène sulfuré.
		Sulfocarbure.
		Sulfocyanogène.
		Sulfure de carbone.

2. *Eaux ammoniacales.*

Carbonate d'ammonium.	|	Sexquioxyde d'ammonium.
Chlorure d'ammonium.	|	Bioxyde d'ammonium.
Cyanure d'ammonium.	|	Sulfite d'ammonium.
Hyposulfite d'ammonium.	|	Sulfocyanate d'ammonium.
	|	Sulfure d'ammonium.

3. *Coke.*

Azote.	|	Cendres.
Carbone.	|	Soufre.

4. *Goudron.*

Alcalis	{	Aniline.
		Tolindine.
Carbures liquides . . .	{	Benzène.
		Benzol.
		Cumène.
		Toluène.
		Xylène.
Carbures solides . . .	{	Anthracène.
		Naphtalène.
		Phenanthrène.
Composés oxygénés . .	{	Acide rosolique.
		Créosote.
		Phénol.

5. *Résidu.*

Brai gras.	|	Brai sec.
------------	--	-----------

Le gaz doit une partie de son pouvoir éclairant aux vapeurs de benzine, et l'odeur particulière du gaz d'éclairage provient presque exclusivement de l'acide sulfhydrique et de ses composés qui se trouvent entraînés avec lui lors de sa fabrication malgré la meilleure épuration. C'est de l'épuration physique et chimique que proviennent tous les sous-produits, sauf le coke et le charbon de cornue, et l'on conçoit facilement que, sans nuire à la bonne qualité du gaz, les procédés employés à son épuration visent exclusivement à retenir le plus possible de goudrons et d'eaux ammoniacales, puisqu'ils sont la source de revenus aujourd'hui considérables et l'objet d'emplois les plus divers en industrie.

Le gaz livré habituellement à la consommation est,

d'après M. Berthelot, fort compétent, qui a analysé une quantité considérable d' « échantillons, » composé ainsi :

Densité : 0,500

Méthane ou gaz des marais.	35,
Hydrogène.	45,8
Oxyde de carbone.	6,6
Ethylène et homologues (acétylène, benzine, etc.).	6,4
Azote	2,5
Acide carbonique.	3,7
	100,»

et d'après une analyse opérée le 16 juin 1888 à 1 heure et demie après midi au Laboratoire municipal de Paris :

Densité : 0,563

Méthane	43,
Hydrogène	28,38
Azote.	14,62
Oxyde de carbone.	9,
Ethylène et homologues.	3,
Acide carbonique.	2,
	100, »

Voici une analyse plus récente (1911) et qui se rapproche davantage de la première :

Densité : 0,365

Hydrogène.	46
Méthane.	35
Acide carbonique.	3
Oxyde de carbone.	7
Azote	2
Ethylène et homologues.	7
	100

Le titre type du gaz à Paris est de 0,458 unités Violle ou 9,16 bougies décimales, et 100 kilogrammes de houille propre à la distillation doivent donner moyennement 30 m³

d'un pouvoir éclairant égal à celui servant de type, les essais de gaz ayant lieu au photomètre Bunsen.

Le gaz, pour brûler entièrement à l'air libre, a besoin d'environ 6 fois son même volume d'air; il suffirait de 1/4.000 d'oxyde de carbone dans l'atmosphère d'une pièce pour occasionner des troubles dans la respiration, et il suffit que l'air renferme un centième de son poids en oxyde de carbone pour que la mort s'ensuive.

CHAPITRE IV

Unités et Étalons.

Pour la clarté de ce qui va suivre, il est nécessaire de rappeler de suite que :

L'eau est composée de 1 volume d'oxygène et de 2 volumes d'hydrogène, ou en poids : 1 partie d'hydrogène et 8 parties d'oxygène.

L'air ambiant est un mélange d'oxygène, d'azote, d'argon, d'acide carbonique, de vapeur d'eau et d'un peu d'ozone; 100 litres d'air contiennent 21 litres d'oxygène et d'argon, pour lesquels l'argon entre à raison de 0 l. 934, 79 litres d'azote et 0 l. 04 d'acide carbonique.

Le carbone fait partie des corps simples (métalloïdes); il constitue presque intégralement la matière du charbon (carbone, oxyde de fer, alumine, etc.). Combiné avec de l'azote, il forme le gaz cyanogène qui a la propriété de brûler avec une flamme d'un rouge intense, et tous les combustibles utilisés à l'éclairage et au chauffage sont à base de carbone et d'hydrogène.

La chaleur de combustion de 1 kilogramme de carbone égale 8.080 calories.

Dans une étude aussi complexe que celle tentée ici, où la mécanique voisine avec la chimie, l'électricité, la cha-

leur, la lumière, etc., un chapitre spécial réservé aux mesures de ces différentes manifestations de la nature ne sera pas déplacé.

Quoiqu'il soit assez difficile, en restant dans le terrain superficiel de la pratique élémentaire, je vais essayer de m'y employer au mieux.

Chacun sait que la lumière franchit 300.000 kilomètres à la seconde, ce qui veut dire qu'elle se manifeste ou se propage presque instantanément et explique que l'on aperçoit à de longues distances l'émission d'une source quelconque de lumière au moment même où elle se produit.

Pour mesurer l'intensité lumineuse, ainsi d'ailleurs que toutes les forces connues, l'Association britannique a proposé, au Congrès des électriciens en 1881, un système destiné à éclaircir, c'est le cas de le dire et sans jeu de mots, le chaos inextricable qui régnait alors et à ramener le tout dans un ordre, sinon parfait, tout au moins plus scientifique; ce système qui fut adopté universellement porte le nom de système C. G. S : centimètre, gramme, seconde. Le centimètre est la 100^e partie du mètre ou unité de longueur dont l'étalon a été déposé au Bureau international des poids et mesures le 26 septembre 1889. Le gramme ou unité de poids est la masse de la 1/1000 partie du kilogramme, étalon déposé au même Bureau. La seconde sexagésimale ou unité de temps est la 1/86.400 partie du jour solaire moyen.

Toutes les unités théoriques ou pratiques peuvent aujourd'hui être rapportées à ce système fondamental.

Néanmoins, comme les anciennes unités persistent encore et sont couramment employées, leur définition s'impose; je vais donc en donner un bref résumé.

La plus forte intensité lumineuse que l'œil humain puisse soutenir est de 16 bougies décimales ou 1 carcel 72.

La carcel, ancienne unité française, étalon de lumière

encore en usage en photométrie appliquée au gaz d'éclairage, est l'unité étalon servant de type de comparaison à l'usage des différentes intensités d'éclat lumineux ou de pouvoir éclairant du gaz et s'emploie pour déterminer le titre du gaz en tant que rendement lumineux.

Elle est constituée par une lampe à l'huile de colza, due à l'inventeur Carcel et munie d'un mouvement d'horlogerie, amenant régulièrement l'huile au brûleur et consommant exactement 42 grammes de cette huile épurée à l'heure. Le brûleur de la lampe possède une mèche, dite de phare, de 75 brins d'un diamètre extérieur de 23 millim. 5 pesant 3 gr. 6 par chaque 10 centimètres de longueur. La mèche doit dépasser le bec de 10 millimètres, l'étranglement du verre dépasse de 17 millimètres la partie supérieure du bec, la hauteur de la flamme est de 40 millimètres, le diamètre du courant d'air extérieur étant de 43 millimètres, celui du courant d'air intérieur de 17 millimètres. La cheminée en cristal a une hauteur totale de 282 millimètres, la distance du coude à la base du verre : 61 millimètres, le diamètre au niveau du coude : 47 millimètres, et celui du haut de la cheminée : 34 millimètres. Epaisseur du verre : 2 millimètres.

La carcel comme unité photométrique tend de plus en plus à être remplacée par la bougie décimale qui est l'unité pratique électrique.

La bougie décimale est égale au $1/20$ de l'étalon Violle ; cette unité (la *bougie décimale*) a été consacrée définitivement au Congrès des électriciens en 1889.

L'étalon Violle¹ est l'unité théorique d'intensité lumineuse, c'est l'intensité lumineuse émise et mesurée selon la normale d'une source lumineuse constituée par un

1. En réalité il n'y a pas d'étalons photométriques dans le sens absolu du mot, tous les appareils ainsi dénommés ne servent qu'à comparer les diverses intensités lumineuses entre elles et à les rapporter à l'étalon conventionnel ; d'ailleurs il n'y a rien d'absolu, même pour les unités absolues !

centimètre carré de platine au moment de sa solidification.

La carcel vaut un peu moins de 40 bougies décimales, exactement 9, 62.

D'où en multipliant par 9, 62 des carcels on trouve des bougies décimales.

La lampe carcel qui sert de type dans les expériences relatives à la détermination du pouvoir éclairant est égale à l'intensité d'un bec Bengel qui doit avoir brûlé 25 litres de gaz à la pression de 2 millim. 5 d'eau, lorsque la lampe a brûlé 40 grammes d'huile.

Ce bec Bengel est en porcelaine à trente trous, sans cône et avec panier.

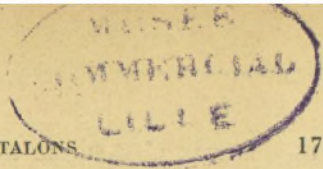
Voici sa description :

Hauteur totale en millim.	80
Hauteur de la partie cylindrique.	46
Distance de la naissance de la galerie au sommet du bec.	31
Diamètre extérieur du cylindre en porcelaine.	22,5
Diamètre du cercle sur lequel se trouvent percés les trous.	46,5
Diamètre des trous.	0,6
Diamètre du courant d'air intérieur.	9
Nombre de trous du panier.	109
Diamètre de ces trous.	3
Hauteur du verre cylindrique.	200
Épaisseur du verre.	3
Diamètre extérieur du verre en haut.	52
Diamètre extérieur du verre en bas.	49

Les essais durent environ un quart d'heure.

Dans le système C. G. S., toutes les quantités pratiques s'expriment en fonction des trois unités principales : centimètre (longueur), gramme (masse) et seconde (temps).

De ces trois unités fondamentales, sont dérivées les suivantes : l'unité de travail ou *kilogrammètre*, l'unité



de force ou *dynes*, l'unité de puissance mécanique ou *kilogrammètre par seconde*, l'unité de quantité ou *coulomb*, l'unité de potentiel ou de force électro-motrice ou *volt*, l'unité de résistance ou *ohm*, l'unité d'intensité ou *ampère*. Ces trois dernières, qui sont d'ailleurs les plus communément employées, sont régies par la loi d'Ohm :

$$I = \frac{E}{R}, \quad R = \frac{E}{I}, \quad E = I \times R.$$

Voici, d'autre part, un moyen mnémotechnique de se servir de la loi d'Ohm ; il suffit, pour se servir rapidement de cette loi, de l'exprimer arbitrairement ainsi :

$$\frac{E}{RI} \text{ (eusuri)}$$

En cachant dans cette funambulesque équation la quantité cherchée, il ne reste que l'expression de la quantité demandée. Exemples :

$$\frac{E}{RI}$$

Si l'on désire trouver la valeur de	I,	il reste	$\frac{E}{R}$
—	—	de R,	$\frac{E}{I}$
—	—	de E,	$R \times I$

Sur les trois unités fondamentales, comme il a été dit plus haut, deux possèdent des étalons déposés au Bureau international des poids et mesures : le mètre international établi en platine iridié à 10 %, et le kilogramme (multiple du gramme) établi également en un cylindre en platine iridié à 10 % dont le diamètre et la hauteur sont égaux.

Il existe quatre systèmes physiques d'unités fondamentales employés en France, ce sont :

le système C. G. S.,
le système métrique,
le système photométrique
et le système thermique.

Le système C. G. S. sert universellement à évaluer les grandeurs des quantités physiques.

Tableau des Unités absolues électriques.

GRANDEURS	DÉVELOPPEMENT	Symboles
Intensité.	Degré de quantité ou d'intensité d'un courant transporté dans un conducteur de 1 cent. de longueur, au moment où tous ses points se trouvent à 1 cent. d'une masse électrique de valeur 1 et agissant avec une force de 1 dyne.	F
Quantité d'électricité.	C'est la quantité d'électricité qui parcourt en une seconde un conducteur dans lequel passe un courant de l'unité d'intensité.	Q
Capacité.	La capacité d'un conducteur équivaut à la quantité 1 d'électricité que peut prendre ce conducteur par une force électro-motrice 1.	Q
Force électro-motrice.	C'est la force nécessaire à la production d'un courant d'intensité 1 dans un circuit de résistance 1.	E
Résistance.	C'est la résistance d'un conducteur quand il s'y développe en une seconde un courant d'intensité 1 pour un travail calorifique de 1.	R
Quantité de magnétisme.	Quantité agissant sur une même quantité placée à 1 cent. avec une force de 1 dyne.	F

Tableau des Unités secondaires ou Unités pratiques électro-magnétiques.

RAPPORTS	UNITÉS	GRANDEURS	DÉVELOPPEMENT	SYMBOLES	Nombre d'unités C. G. S.
$I = \frac{E}{R}$	Ampère.	Intensité des courants électriques.	C'est le courant que produit 1 volt dans un circuit ayant 1 ohm de résistance, c'est encore l'intensité de 1 coulomb reçue par chaque section du conducteur, en 1 seconde.	I	10^{-1}
$Q = I \times t$	Coulomb.	Quantité.	C'est la quantité circulant dans un circuit en 1 seconde avec une intensité de 1 ampère.	Q	10^{-1}
$C = \frac{Q}{E}$	Farad.	Capacité.	C'est la capacité électrique d'un condensateur d'une charge de 1 coulomb et ayant la force de 1 volt.	C	10^{-9}
$J = E \times Q$	Joule.	Travail.	Produit de 1 volt par 1 coulomb.	J	10^{-7}
$R = \frac{E}{I}$	Ohm.	Résistance.	C'est la résistance d'une colonne de mercure de 1 mill. carré de section à 0 degré et 1 m. 06 de hauteur.	R	10^9
$E = I \times R$	Volt.	Force électro-motrice ou différence de potentiel.	Force électro-motrice ou différence de potentiel, c'est la force capable de résister à un courant de 1 ampère avec une résistance de 1 ohm.	E	10^8
$W = E \times I$	Watt.	Puissance électrique.	Puissance acquise d'un volt par 1 ampère en 1 seconde.	W	10^7

Les multiples électriques sont :

Déca	qui vaut	40	ou 10	unités C.G.S. ⁽¹⁾
Hecto	—	100	ou 10 ²	—
Kilo	—	1.000	ou 10 ³	—
Myria	—	100.000	ou 10 ⁵	—
Méga ou Még.	—	1.000.000	ou 10 ⁶	—

Les sous-multiples électriques sont :

Déci	qui vaut	$\frac{1}{10}$	ou 0.10	ou 10 ⁻¹	unités C.G.S. ⁽¹⁾
Centi	—	$\frac{1}{100}$	ou 0.01	ou 10 ⁻²	—
Milli	—	$\frac{1}{1.000}$	ou 0.001	ou 10 ⁻³	—
Micro	—	$\frac{1}{1.000.000}$	ou 0.000.001	ou 10 ⁻⁶	—

Dans le tableau des unités secondaires ou unités pratiques électro-magnétiques, la puissance et le travail peuvent tous deux être représentés comme suit par rapport au kilogrammètre.

$$W \text{ ou } J, \text{ c'est-à-dire puissance ou travail} = \frac{1 \text{ kilogr}^{\text{tre}}}{9,81},$$

ce qui d'ailleurs a été déjà démontré plus haut.

Le système métrique établi sous la Convention a rapport aux poids et mesures, particulièrement au mètre dont il forme la base.

Le système photométrique a été soumis au Congrès international des électriciens en 1896 et ratifié par lui.

1. Pour éviter de mettre une trop grande quantité de zéros à la suite d'un nombre, on l'indique comme suit. *Exemples* :

Soit à écrire : 5.000.000 (cinq millions), on l'écrira ainsi : $5,10^6$. Soit à écrire : 0,000,005 (cinq millièmes), on l'écrira ainsi : $0,5,10^{-6}$; ou plus simplement encore : $5,10^{-6}$. Dans ces exemples les petits chiffres ⁶, ⁵, ⁵, ⁶ sont des exposants, ils indiquent à quel endroit la virgule doit se trouver en réalité. Si c'est un nombre fractionnaire, on fait précéder l'exposant du signe — (moins).

Le système thermique est celui ayant trait à la température et à la chaleur.

Deux de ces systèmes nous intéressent particulièrement : le système photométrique et le système thermique.

En dehors des unités précédemment citées en photométrie, il existe : l'unité d'intensité lumineuse, ou bougie décimale ou *pyr*; elle a comme symbole I, elle est égale à l'intensité observée à grande distance d'une surface plane de platine incandescent à sa température de solidification.

L'unité de flux lumineux ou *lumen*, qui est la quantité de flux reçu par un mètre carré de surface ayant un éclairement normal de 1 lux.

L'unité d'éclairement, la bougie à un mètre ou *lux*, équivaut à l'éclairement obtenu par une source exacte d'intensité de un *pyr* placée à 1 mètre normalement au rayon, l'unité d'éclat intrinsèque, ou *pyr par centimètre carré* qui a la même définition que l'unité d'intensité lumineuse ou *pyr*, mais par centimètre carré.

L'unité d'éclairage ou de quantité de lumière ou *lumen-seconde* et *lumen-heure*, unité pratique qui est le produit de l'unité de flux par l'unité de temps, la seconde, et que pratiquement on exprime par le produit de l'unité de flux par l'heure par comparaison avec l'ampère-heure.

Comme il serait fastidieux d'entrer dans de plus longs détails, voici rapportées les équivalences de ces diverses unités photométriques :

Noms des unités.	Noms des grandeurs.
1. <i>Pyr</i> ou bougie décimale.	1. Intensité lumineuse.
2. Lumen-heure.	2. Eclairage.
3. Lux.	3. Eclairement.
4. Lumen.	4. Flux lumineux.
5. Bougie décim. par centim. ² .	5. Eclat intrinsèque.

Rapport des unités.

1. $\frac{1}{20}$ de l'étalon Violle.
2. Lumen heure.
3. Lumen par m.².
4. Bougie décimale (angle solide).
5. Bougie décimale par centim.².

D'après M. Violle, voici le tableau comparatif des étalons d'intensité lumineuse actuellement en usage :

ÉTALONS	LAMPE HEFNER	BOUGIES			CARCEL	ÉTALON VIOLE
		ANGLAISE	ALLEMANDE	FRANÇAISE		
Violle.....	18,9	18,5	16,4	16,1	2,08	1
Carcel.....	9,08	8,91	7,89	7,75	1	0,481
Bougies {	française.....	1,17	1,15	1,02	1	0,130
	allemande.....	1,15	1,13	1	0,98	0,127
	anglaise.....	1,02	1	0,89	0,87	0,112
Lampe Hefner.....	1	0,98	0,87	0,85	0,110	0,053

La lampe Hefner-Alteneck, très employée comme étalon en Allemagne, est à acétate d'amyle et à mèche libre.

La bougie française dite de l'Etoile, la bougie allemande en paraffine et la bougie anglaise ou Candle en blanc de baleine ne figurent dans le tableau ci-dessus que pour mémoire et à titre d'indication, car elles ne sont plus employées aujourd'hui, et l'on s'attend d'ici peu à obtenir un étalon fixe et immuable par l'électricité.

Pour mesurer les quantités de chaleur, on a pris comme unité pratique la grande calorie. L'unité fondamentale est la calorie, c'est la quantité de chaleur nécessaire pour porter de 0 degré à 1 degré centigrade la température de 1 gramme d'eau pure, c'est la petite calorie ou milli calorie (gramme-degré).

Il existe aussi la calorie kilogramme-degré, qui est la quantité de chaleur nécessaire pour élever de 1 degré centigrade la température de 1 kilogramme d'eau pure; cette dernière est la plus communément employée, elle équivaut à 424 kilogrammètres (Plus arbitrairement 425).

Une calorie disparue correspond donc toujours à une production de 425 kilogrammètres, et il faut brûler 120 lit. de gaz pour obtenir l'équivalent calorifique de travail d'un cheval-heure soit 635 calories, soit aussi 75 kilogrammètres en une seconde (Théoriquement).

Le kilogrammètre quoique toujours très employé est l'ancienne unité de travail, c'est le poids ou kilogramme-poids tombant ou susceptible d'être élevé de ou à 1 mètre et effectuant un travail de $9,81 \times 10^7$ ergs, c'est aussi le produit de la pression, effort ou même tension par la vitesse ou chemin parcouru.

L'erg, qui vaut exactement 1/98.100.000 de kilogrammètre, est la nouvelle unité absolue de travail, de force vive et d'énergie; le joule en est l'unité pratique, elle équivaut à 10^7 ergs ou 107 ergs et est souvent remplacée par le watt, puissance d'une machine fournissant 1 joule en une seconde; le kilogrammètre vaut donc environ 9,81 joules, ou volts coulombs, et le cheval-vapeur, ancienne unité de puissance, vaut 736 watts; le cheval-vapeur est égal à la puissance d'une source d'énergie pouvant produire 75 kilogrammètres en une seconde.

Il est admis en pratique qu'une puissance mécanique de 1 cheval-vapeur dépensée pour actionner une dynamo dans une installation électrique donne un rendement de 5 à 600 watts utilisables aux appareils, au lieu de 736 chiffre absolu; une source d'énergie quelconque développe un cheval-vapeur lorsqu'elle produit en une seconde un travail égal à 75 kilogrammètres comme il vient d'être dit, dans ces conditions : 500 kilogrammètres égalent approximativement 7 chevaux et 1 kilogrammètre vaut 9,81 watts.

Le watt, qui s'appelle aussi volt-ampère, vaut 0,102 kilogrammètres par seconde; le watt est le produit de la force électro-motrice (abusivement pression) évaluée en volts par l'intensité d'un courant évalué en ampères dans l'énoncé de la puissance d'un générateur d'électricité, ou encore la puissance développée par un courant de un ampère par un volt :

$$10 \text{ watts valent } \frac{9.81}{10} = 0,981 \text{ cheval-vapeur.}$$

Le cheval-heure vaut 270.000 kilogrammètres. Un cheval-vapeur est l'équivalent de 736 watts par seconde.

L'atmosphère est l'unité pratique souvent employée en mécanique et destinée à mesurer la tension ou pression d'une machine ou d'un moteur, c'est le quotient de la force exercée sur la surface de laquelle elle s'exerce. L'atmosphère est la valeur de la pression d'une colonne d'eau de 10 m. 33. L'atmosphère sert à évaluer la force élastique des gaz ou des vapeurs, elle est équivalente à la pression de l'air atmosphérique exercé sur 1 centimètre carré ou à 1 kilogr. 033.

De une atmosphère à une atmosphère et demie les machines sont dites à basse pression, de deux à trois atmosphères elles sont dites à moyenne pression et de quatre et au-dessus à haute pression.

C'est par rapport à l'air atmosphérique que la tension d'un générateur ou d'une machine quelconque est évaluée; or en considérant que pour obtenir une tension utile de une atmosphère il faut en produire deux, toutes les indications portées aux manomètres devront pour être absolues être majorées de 1 unité.

La force élastique de la pression théoriquement utile de une atmosphère est :

Colonne mercurielle.	0,76
Pression en kilos par centim. ²	1,033

Température en degrés centigrades.	100
Poids du m. ³ de vapeur en kilos.	0,588
Volume de la vapeur en litres.	1.700.000
Vitesse d'échappement en mètres linéaires.	241

Les pressions plus basses que celle relative à la pression atmosphérique s'indiquent en centimètres ou millimètres d'eau; ainsi l'on dira par exemple que le gaz est livré à la consommation avec une pression de 50 millimètres, ce qui veut dire à la pression de 0,0000484 atmosphère. Ce résultat est obtenu en divisant 0 m.050 par 1033.

La thermologie a pour instrument de mesure le thermomètre; l'action principale de la chaleur est constatée par la dilatation des corps. Partant de ce principe que la glace fondante est toujours à la même température sous la même pression atmosphérique et que l'eau entre en ébullition également toujours à la même température, l'on a pris ces deux points bien différents comme repères de départ. Donc à la glace fondante, le thermomètre centigrade marque 0° et à l'ébullition de l'eau il marque 100°. On emploie indifféremment ou le mercure ou l'alcool coloré. Le thermomètre de Réaumur marque 0 à la glace fondante et 80 à l'ébullition de l'eau. Le thermomètre de Fahrenheit, surtout employé en Allemagne et en Angleterre, marque au point d'ébullition de l'eau 212°, à la glace fondante il indique 32°; il contient donc entre ces deux points 180°, et le 0° correspond à — 17,78° centigrades.

Un thermomètre très répandu dans les laboratoires consiste à remplacer la colonne de mercure ou d'alcool par une goutte de mercure; l'air, en se dilatant, chasse cette goutte de mercure, et l'on obtient des indications bien plus sensibles. Ce thermomètre est dénommé thermomètre à air. Pour des températures plus élevées on se sert de pyromètres.

Pour mesurer la densité de l'air on fait usage d'aéromètres.

Pour mesurer la densité des liquides on se sert de densimètres.

Comme nous ne nous servons pas de ces derniers instruments, je crois utile de passer outre quant à leur description, celle-ci étant plutôt du domaine de la physique, et, pour terminer ce chapitre, je dirai que la seconde sexagésimale ou unité de temps est la $1/86.400$ partie du jour solaire moyen, dont il n'existe pas non plus d'étalon en dehors de la rotation de la terre!!!

Quant aux aréomètres, leur description est si ardue que nous n'avons qu'à nous en rapporter aux indications formulées dans les traités spéciaux; qu'il suffise de savoir qu'il en existe indubitablement de deux sortes: ceux servant à indiquer les densités plus lourdes que l'eau (pèse-sels) et ceux plus légers que l'eau (pèse-liqueurs), Baumé, Balling, Berthelot, Coulier, d'Almeida, Brix, Lunge, Beek, Fleischer, Twaddle, et d'autres, et comme je pense qu'en voilà assez sur ce chapitre, je passerai à un autre plus intéressant pour nous.

Pour que deux lumières soient considérées comme ayant la même intensité, il faut que, placées toutes deux à la même distance d'un écran, elles l'éclairent de la même façon.

L'opération a lieu dans une chambre noire, au moyen de photomètres et dans des conditions déterminées à l'avance.

Une source lumineuse possède *quatre* fois plus d'intensité que celle à laquelle elle est comparée quand placée à *deux* fois plus de distance de l'écran elle donne une ligne d'ombre égale à celle de la source servant d'étalon.

Il en résulte que d'une façon générale le rapport de deux sources lumineuses est *inversement proportionnel* au rapport des carrés des distances nécessaires à l'obtention d'une égale intensité d'ombre sur l'écran.

Or, considérant que la carcel est actuellement l'unité adoptée en France, pour connaître le rapport existant entre cette unité étalon et une source lumineuse quelconque on fera la petite opération suivante.

Exemple : Si l'étalon se trouve à 0 m. 25 de l'écran, et la puissance à évaluer à 0 m. 60, pour atteindre la même teinte d'ombre on aura, en s'en rapportant à la règle précitée :

$$25^2 = 625 \text{ et } 60^2 = 3.600, \text{ or } 3.600 \text{ divisé par } 625 = 5,76,$$

la valeur de la source lumineuse cherchée sera donc 5,76 carcels.

Nota. — C'est toujours la longueur de la distance de la puissance soumise à l'évaluation à l'écran que l'on doit diviser par la longueur de la distance de l'étalon à l'écran.

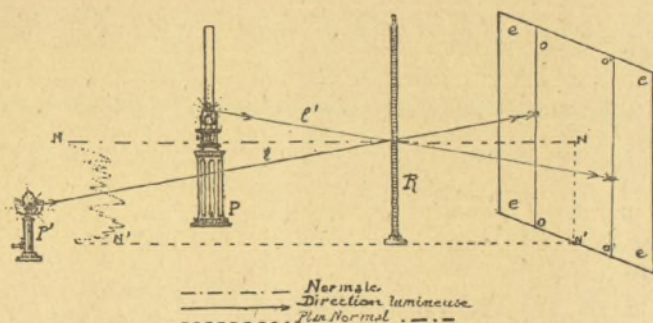


Fig. 1.

P : Etalon.	NN : Ligne normale.
P' : Puissance à mesurer (Bec Bengel).	R : Rampe d'ombre ou ombrale.
eee : Écran.	NNN' : Plan normal.
oo, o'o' : Lignes d'ombres.	l : Longueur à mesurer.
	l' : Longueur de l'étalon à l'écran.

Si, au lieu de se servir de la carcel, on veut obtenir l'évaluation au moyen de bougies, bougies Hefner, etc., le résultat sera obtenu en unités choisies, chacune de ces

unités valant 1, et pour le rapporter à un autre étalon on appliquera l'équation suivante :

$$\frac{P'}{P} = \frac{l^2}{l'^2}$$

$$P' = X \times P$$

dans laquelle P est la puissance de l'unité choisie comme étalon, P' la source lumineuse à évaluer, l (au carré) la longueur de la distance de la source à mesurer à l'écran photométrique, l' (au carré) la longueur de la distance de la source étalon à l'écran *eeee* (fig. 1).

X le rapport du premier étalon à celui auquel on veut le comparer.

Le photomètre le plus employé à Paris est celui de Foucault.

CHAPITRE V

Consommation moyenne des becs d'éclairage au gaz de ville.

A la pression atmosphérique de 760 millimètres, la densité du gaz d'éclairage est de 365¹; le poids moyen d'un mètre cube est de 495 à 500 grammes et son rendement calorifique de 5.300 calories; le volume de 1 kilogramme de gaz est de 2.115 litres (*Approximativement*).

A la suite de nombreuses comparaisons il a été reconnu que la quantité de lumière émise par la source naturelle du soleil au profit de la terre équivalait à 216.450 bougies décimales, et que la plus grande intensité lumineuse pouvant être supportée sans fatigue par l'œil humain est d'environ 16 bougies par centimètre carré; la plus grande quantité de lumière émise par la lumière électrique de la plus forte intensité obtenue comparée à celle du soleil sur la même surface que celle supposée pour l'astre solaire et placée à un mètre est de 1.202 bougies seulement.

1. La densité d'un corps s'obtient en divisant son poids par son volume. Les solides et les liquides ont pour densité le rapport qui existe entre leur poids et le poids d'un même volume d'eau. Les gaz ont pour densité le rapport qui existe entre leur poids et le poids d'un même volume d'air à 0° et 760 millimètres de pression.

Celle obtenue par le chalumeau Drumont est de 192 bougies (toujours décimales).

Avant d'entrer dans de plus amples renseignements, une petite comparaison qui ne manque pas d'actualité, au moment où la lumière électrique entre de plus en plus en usage, se présente ici : en supposant généreusement que la lampe à incandescence électrique ne dépense que 2 watts par bougie à l'état de neuf on peut établir facilement le calcul suivant :

Un bec de gaz n° 1 consommant 75 litres à l'heure reviendra $\frac{0 \text{ fr. } 20}{1.000} \times 75 = 0 \text{ fr. } 015$ et fournira une intensité au moins égale à 60 bougies décimales.

Pour obtenir la même quantité de lumière avec l'incandescence électrique, il nous faudra 6 lampes de 10 bougies ou environ 4 lampes de 16 bougies ; à 0 fr. 07 l'hectowatt et se basant sur une consommation de 2 watts par bougie, comme il a été dit plus haut, nous aurons :

$$60 \times 2 = 120 \text{ watts.}$$

100 watts (prix actuel de l'énergie électrique) valant 0 fr. 07,

$$1 \text{ watt vaudra } 100 \text{ fois moins ou } \frac{0 \text{ fr. } 07}{100}$$

$$\text{et } 120 \text{ watts } \frac{0 \text{ fr. } 07}{100} \times 120 = 0 \text{ fr. } 084.$$

Cette remarque a certainement sa valeur, surtout si elle s'établit sur un éclairage important ; en poussant la complaisance jusqu'au bout et en prenant comme réels les consommations de 1 watt par bougie indiquées par certains fabricants, nous obtiendrons pour le même éclairage : $\frac{0 \text{ fr. } 07}{100} \times 60 = 0 \text{ fr. } 042$ soit encore plus du double qu'avec le gaz d'éclairage.

La lumière demandée habituellement dans de modestes logis est égale approximativement à 10 bougies décimales ;

pour obtenir cette intensité, il faut brûler en pratique 13 lit. de gaz à 0 fr. 20 les 1.000 litres, ce qui fait. 0 fr. 0026

Avec l'électricité et en employant les meilleures lampes il nous faudra 10 watts au moins à 0 fr. 07 l'hectowatt, nous aurons. . 0 fr. 0070

Avec du pétrole, pour obtenir la même lumière, il faut consommer de 20 à 25 grammes de pétrole bien raffiné pesant 800 grammes le litre à 0 fr. 60 le litre, nous aurons donc. . . 0 fr. 0450

Le bec d'Argand, comme le bec papillon, consomme 7 l. 5 par bougie et par heure.

Le bec à incandescence dans les mêmes conditions consomme 4 l. 67.

Avec un bec à incandescence on peut admettre une consommation approximative de 25 litres par 10 bougies en pratique et au bout de quelque temps d'usage, cette indication est sensiblement comparable comme analogie à la lumière fournie par l'ampoule électrique.

D'expériences photométriques récentes on a établi qu'un brûleur n° 2, genre Auer, atteignait une intensité de 115 bougies avec 1 litre par bougie-heure; mais l'usage courant donne pour le bec Auer (*Docteur Carl Auer von Welsbach, élève du professeur Bunsen*):

Après 200 heures d'éclairage.	}	N° 1. Consommant 70 à 75 litres avec un pouvoir éclairant de 38, 48 bougies décimales, par heure.
		N° 2. Consommant 110 à 120 litres avec un pouvoir éclairant de 57, 72 bougies décimales à l'heure.

Pour le bec l'Abeille :

Neufs.	Numéros des becs.	Consommation en litres.	Nombre de bougies.
}	bec bébé	60	60
	1	75	70
	2	110	100

Pour le bec Kern :

	Numéros des becs.	Consommation en litres.	Nombre de bougies.
Neufs.	0	30	25
	1	50	45
	2	80	75
	3	100	100
	4	140	140

Il existe 4 séries de *becs Kern droits* :

1° Les becs intensifs à chambre cylindrique avec verres à trous nos 20, 21, 22, 23, 24 ;

2° Les becs intensifs avec verres à trous n° 1 *bis*, 2 *bis*, 3 *bis*, 4 *bis*, 4 *ter*.

Dans les becs intensifs du paragraphe 2, il existe le *type long* et le *type court* :

3° Les becs ordinaires sans cheminées de tirage nos 8, 1, 2, 3, 4 ;

4° Les becs intensifs à gros débit avec cheminées de tirage A, B, C, D.

Il existe un type de *bec Kern renversé* : becs 101 et 102.

Débit moyen des becs Kern.

N°	0	.....	30 litres de gaz à l'heure environ.			
—	1	.....	50	—	—	—
—	2	.....	80	—	—	—
—	3	.....	100	—	—	—
—	4	.....	140	—	—	—
—	1 <i>bis</i>	intensif	50	—	—	—
—	2 <i>bis</i>	—	80	—	—	—
—	2 <i>bis</i>	— court.	80	—	—	—
—	3 <i>bis</i>	—	110	—	—	—
—	3 <i>bis</i>	— court.	110	—	—	—
—	4 <i>bis</i>	—	140	—	—	—
—	4 <i>bis</i>	— court.	140	—	—	—
—	4 <i>ter</i>	—	200	—	—	—
—	4 <i>ter</i>	— court.	200	—	—	—
—	20	—	30	—	—	—

N° 21	intensif	60 litres de gaz à l'heure environ.			
— 22	—	90	—	—	—
— 23	—	120	—	—	—
— 24	—	150	—	—	—
— A	. . . . .	250	—	—	—
— B	. . . . .	400	—	—	—
— C	. . . . .	650	—	—	—
— D	. . . . .	1.000	—	—	—
— 101	. . . . .	45	—	—	—
— 192	. . . . .	90	—	—	—

Ces débits, comme le titre l'indique, sont des débits moyens; on a pour chaque numéro une marge de réglage.

La série des becs à chambre cylindrique est recommandée pour l'usage domestique, pour les suspensions, lyres, etc., où la plus petite longueur de leur Bunsen en permet toujours l'emploi.

Chaque bec Kern est muni d'un injecteur de gaz dont l'orifice est calculé en vue de la pression moyenne sous laquelle il doit fonctionner.

Il faut bien se garder de modifier l'orifice de cet injecteur soit par un matage, soit par un alésage, sous peine de fausser le régime du brûleur; mais on peut toujours remplacer un injecteur par un autre d'ouverture différente.

Chaque injecteur porte un numéro qui indique en centièmes de millimètre le diamètre de l'orifice.

Pour le bec Visseaux (fig. 2) :

	Numéros des becs.	Consommation en litres.	Nombre de bougies.
	—	—	—
Neufs	00	40	40
ou après	0	25	27
1.000 heures	1	40	43
de fonc-	2	60	65
tionnement.	3	90	99
	4	120	124
	5	150	146
	6	250	212

Les becs renversés donnent 1 bougie par litre; leur lumière est d'ailleurs bien mieux répartie.

En pratique, pour l'éclairage à incandescence moyenne due à tous les fabricants de becs et de manchons, on peut compter sur 2 litres par bougie décimale, au bout de quelque temps d'usage.

Tous les becs à incandescence sont fondés sur la chaleur que fournit en brûlant le gaz d'éclairage employé dans les becs Bunsen, dans lesquels la flamme bleue atteint jusqu'à 1.285° , la flamme verte 1.565° , et dont la dernière est la seule utilisée dans la production de l'incandescence.

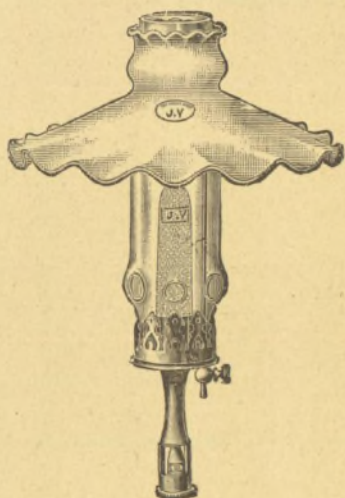


Fig. 2.

Le bec Bunsen est basé sur le principe du mélange par aspiration due à la pression initiale du gaz d'une certaine quantité d'air avec le gaz d'éclairage. Il est formé d'un tube cylindrique en cuivre au bas duquel le gaz arrive par un ajustage conique; vers le même

endroit ce tube est percé de deux ou trois ouvertures destinées à l'admission de l'air ambiant et susceptibles d'être plus ou moins obturées à l'aide d'une bague ou d'un manchon mobile autour du cylindre et fixé par une vis au moment où est atteint le degré d'admission d'air.

Plus sera conséquente cette admission d'air, plus la flamme sera courte et par suite la combustion de carbone activée en augmentant le nombre de calories fournies, le mélange ainsi obtenu (60 % d'air et 40 % de gaz) ne devant pas atteindre la limite explosive des gaz admis

(1 volume de gaz pour 3, 30 d'air) et sans trop refroidir la flamme par un trop grand excès d'air et en tenant compte qu'un léger courant d'air active une flamme tandis qu'un violent courant d'air l'éteint¹.

En somme et si je ne me trompe, ce dont je doute, sauf les charges contenues dans leurs traités, les sociétés de gaz ne seraient plus si tenues de fournir un gaz riche en pouvoir éclairant mais plutôt tentées à l'avantage de tous, consommateurs et fournisseurs, de donner un titre plus grand en rendement calorifique sans oublier toutefois de conserver les éléments d'hydrocarbures nécessaires à la production de la flamme éclairante, les becs d'éclairage à flamme libre tendant à être de plus en plus délaissés et à être remplacés par des appareils intensifs munis de manchons.

Tous les manchons employés en industrie sont à base d'oxyde de terres rares, de cérium, de lanthane, de thorium, d'uranium, d'yttrium et de zirconium, mais principalement d'oxyde de thorium et de 1 à 2 % d'oxyde de cérium. Ces terres rares sont dénommées ainsi bien improprement puisqu'on les rencontre aujourd'hui un peu partout, au Canada, la Colombie, le Brésil, la Norvège, la Sibérie, etc., etc.

Le blanc éblouissant s'obtient généralement avec :

Oxyde de lanthane.	40 %
Oxyde de thorium.	30 %
Oxyde de zirconium.	30 %

1. La toile métallique, qui existe au-dessus de certains becs à incandescence munis de Bunsen, remplit le même but que la toile métallique dans les lampes de mineurs de Davy.

Le principe en réside dans ce fait que le métal de la toile étant bon conducteur de la chaleur refroidit suffisamment les gaz en sa présence pour empêcher la flamme de faire retour à l'éjecteur.

En effet, supprimons provisoirement la galerie et la partie supérieure du bec et allumons ce qui en reste; de suite, et malgré toutes les précautions, la flamme se portera à la partie inférieure du bec, et, si nous éteignons et remplaçons le tout en son état normal, le gaz brûlera alors à la partie supérieure après l'allumage du bec sans que la flamme jaillisse à l'éjecteur.

Le gaz naturel et le gaz à l'eau ayant des températures plus élevées fournissent un éclairage plus avantageux.

Dans les becs à flamme libre le pouvoir éclairant diminue en proportion de la quantité d'air qu'on lui introduit ; ainsi 94 parties de gaz pur et 6 parties d'air donnent une intensité lumineuse de valeur égale à la moitié de celle obtenue par la combustion du gaz pur, et 80 % de gaz mélangés à 20 % d'air n'éclaireraient plus ; mais il ne faut pas oublier cependant que pour brûler complètement le gaz a besoin de 5 fois $1/2$ son volume d'air, conséquemment il ne faut pas confondre avec son *mélange* d'air.

Puisque le gaz d'éclairage a besoin de l'oxygène de l'air pour brûler et considérant que ledit air ne contient que 21 % d'oxygène, on comprendra facilement qu'en mélangeant, au moyen d'un procédé approprié, de l'oxygène pur au gaz d'éclairage on obtiendra un résultat environ 5 fois plus satisfaisant ; c'est sur ce principe que fut fondée la lumière Drumont, mais en y ajoutant ou plutôt en interposant un fragment de chaux ou de magnésie qui, entrant à son tour en incandescence, fournit une lumière éblouissante comparable à celle de l'arc électrique et surtout plus stable que celle-ci.

CHAPITRE VI

Cuisinières et Fourneaux à gaz.

Une des principales qualités du gaz est, nul ne l'ignore, son pouvoir calorifique, soit environ 5.300 calories dégagées par mètre cube; aussi depuis sa mise en application domestique, c'est-à-dire depuis son invention, s'est-on occupé à l'utiliser comme chauffage.

Les fourneaux de cuisine ont été les premiers employés et forment encore aujourd'hui et pour longtemps l'appareil culinaire indispensable dans tout ménage, magasin ou atelier d'une ville possédant une usine à gaz.

Quoi de plus simple, en effet, que cet appareil qui, après quelque temps d'usage, a fini par rallier la majorité de toutes les satisfactions; son développement prodigieux dans toutes les classes de la société le place au premier rang des instruments similaires dont aucun ne peut rendre d'aussi appréciables services; sa facilité de réglage, son entretien nul, la cuisson régulière le font préférer à tout autre genre de chauffage pour la cuisine.

Pour obtenir une combustion parfaite, les ouvertures livrant passage au mélange de gaz et d'air doivent être d'un diamètre de $\frac{5}{10}$ de millimètre et posséder un écartement de 10 millimètres entre eux; les récipients destinés à

recevoir les aliments doivent être placés à une hauteur de 30 millimètres au-dessus des brûleurs.

Le modèle catalogué au n° 30 de la maison Chalot remplit de bonnes conditions; le modèle 52 de la maison Albert Delouc et le nouveau modèle de la Société du gaz de Paris donnent aussi d'excellents résultats.

La Société française *Chaleur et Lumière* a d'ailleurs accompli dans ce genre de chauffage des progrès immenses, et il ne sera pas inutile de publier l'extrait du compte rendu du 30^e Congrès de la Société technique de l'industrie du gaz en France des 12, 13 et 14 mai 1903 (Toulon).

En voici la teneur :

**Nouveau fourneau de cuisine (système Clamond)
par M. A. Lecomte.**

A notre époque, où la consommation du gaz de jour atteint jusqu'à 40 % de la consommation totale des abonnés, d'après une étude de M. Ph. Delahaye, on ne peut pas s'imaginer qu'il fût un temps où la cuisine au gaz n'existait pas.

Il faut remonter jusqu'à 1835 pour trouver trace des appareils de cuisine au gaz en Angleterre; en France, le premier mémoire sur un fourneau de cuisine au gaz a été présenté par Payen en 1839 à la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale, et cet appareil était des plus rudimentaires; il se composait d'un tronc de cône de 25 centimètres de hauteur, l'ouverture du haut avait 75 millimètres de diamètre et était obturée par une toile métallique à mailles de 1/2 millimètre, l'ouverture du bas avait 15 centimètres de diamètre.

Un orifice de forme quelconque amenait le gaz à la partie inférieure de l'appareil, le gaz était allumé au-dessus de la toile métallique où il brûlait bleu, s'étant mélangé à l'air pendant son passage dans le tronc de cône, enfin la casse-

role était placée à 2 centim. $1/2$ au-dessus du tronc de cône.

Maintenant, il est nécessaire de dire que s'il n'existait pas d'appareils de cuisine à gaz, c'est... parce qu'il n'y avait pas de gaz; en effet, suivant l'expression consacrée d'alors, les conduites étaient mises en charge quelque temps seulement avant le coucher du soleil, le régulateur d'émission était considéré comme un objet de luxe (on peut s'en convaincre en consultant le traité de Robert d'Hurcourt (1845) qui décrit encore la vanne comme moyen de régler la pression en ville et ne parle qu'incidemment du régulateur d'émission).

En 1856, la Compagnie Parisienne du Gaz était formée par la fusion des autres compagnies, et le cahier des charges spécifiait que les conduites resteraient en charge toute la journée; les appareils de cuisine commencèrent alors à se développer.

Les premiers appareils utilisés en France étaient de construction anglaise; ils se composaient d'une enveloppe extérieure en tôle ou en fonte, à l'intérieur de laquelle était une rampe percée d'un grand nombre de petits trous donnant naissance à autant de petits becs-bougies. Malheureusement, si la pression du gaz augmentait, la hauteur des flammes montait dans la même proportion, au point de venir toucher les casseroles, occasionnant des dépôts de noir de fumée.

Un autre inventeur anglais avait imaginé un procédé différent, qui consistait à percer les trous horizontalement, de telle sorte que si les flammes augmentaient de longueur, elles se développaient dans le plan horizontal et ne venaient plus déposer du noir de fumée sous les casseroles.

Vers 1860, l'industrie de la fabrication des fourneaux de cuisine se créait en France, et nous pouvons dire avec fierté que, sous ce rapport, nous n'avons rien à envier à l'étranger, et la présente note a même pour but de décrire les expériences effectuées sur un nouveau fourneau de cuisine,

qui nous semble offrir un avantage marqué sur tous les fourneaux connus à ce jour.

Théorie du chauffage culinaire.

Il est évident qu'en matière de chauffage culinaire l'objet qu'on aura le plus souvent à chauffer sera une casserole; or, la casserole en général, est un récipient de petite dimension, qui offre à la flamme une surface très réduite; il y a donc parmi toutes les flammes une flamme qui sera la plus avantageuse pour ce genre de chauffage: c'est celle qui fera absorber au récipient et à son contenu le maximum de calories et, par extension, la flamme étant essentiellement un produit du brûleur, le brûleur de fourneau qui logera le maximum de calories possible dans la casserole, dans l'unité de temps et par rapport au nombre total de calories développés par la combustion.

La chaleur reçue par le liquide contenu dans la casserole est proportionnelle à la différence de température entre la flamme et le liquide, également proportionnelle à la surface de chauffe, au temps et au coefficient de conductibilité de la chaleur de la matière employée pour constituer le récipient, la chaleur transmise est inversement proportionnelle à l'épaisseur du vase.

La quantité de chaleur reçue M , par le liquide contenu dans le vase ou la casserole, peut être représentée d'une façon simple par l'expression suivante :

$$M = E S K \frac{t - t'}{r}$$

E durée de l'essai.

S surface exposée à la flamme.

K coefficient de conductibilité de la chaleur variable suivant la nature du vase, terre, fonte, tôle émaillée, fer blanc, cuivre étamé.

$t - t'$ écart de température entre la flamme et le liquide à chauffer.

r épaisseur du récipient.

Pour les expériences dans lesquelles la casserole est en fer blanc ou en cuivre, la nature du métal et par contre K et r influent peu sur le résultat; c'est l'écart de température qui est de beaucoup le facteur le plus important.

La chaleur qui a traversé le fond de la casserole se propagé dans le liquide par conductibilité d'abord, ensuite les molécules échauffées transmettent leur chaleur par convection grâce à la circulation qui se crée au sein de la masse liquide.

Enfin la casserole, en même temps qu'elle s'échauffe, rayonne de la chaleur par les parois et par le couvercle ou par la surface du liquide si le vase n'est pas couvert. La chaleur perdue est proportionnelle au temps, à la surface rayonnante et à l'écart entre la température des parois et la température de l'atmosphère ambiante.

Dans un calorimètre, un chauffe-bain, une chaudière, la source de chaleur importe peu, que la flamme soit longue ou courte, plus ou moins chaude, que le volume des gaz brûlés soit plus ou moins important, le résultat final est le même parce que la surface de chauffe est suffisamment étendue pour que les gaz ne quittent l'appareil qu'après avoir perdu toute leur chaleur; ainsi, dans le calorimètre Junkers, les produits de la combustion, quand l'eau est bien froide, peuvent quitter l'appareil à une température inférieure à celle de l'atmosphère ambiante.

De la nature de la flamme.

On peut obtenir par la combustion du gaz d'éclairage trois sortes de flammes : flamme éclairante résultant de la combustion du gaz pur sans mélange d'air, flamme bleue, ou flamme de Bunsen, résultant d'un mélange de 1 à 2 volumes d'air au gaz avant sa combustion; enfin, M. Clamond a réalisé une troisième flamme qu'il dénomme flamme auto-

comburante et qui résulte du mélange du gaz avec 4 à 4 volumes $1/2$ d'air.

La question qui nous est posée de déterminer si la flamme auto-comburante, résultant de l'emploi du brûleur Clamond, est plus avantageuse que les flammes connues jusqu'à ce jour résultera de l'examen des documents que nous possédons et des expériences que nous avons effectuées sur le brûleur Clamond.

Flamme éclairante. — Nous l'en avons déjà parlé dans la partie historique de cette note ; ces flammes ne sont pas employées pour la cuisine, sauf pour les rampes de fours et de rôtissoires ; les trous se bouchent facilement, les flammes verticales, en s'allongeant sous l'influence de la pression, développent du noir de fumée sous le fond des casseroles. M. G. Lefebvre, ingénieur de la Compagnie Parisienne du Gaz, s'est pourtant servi d'un fourneau de cuisine à flamme éclairante pour les expériences qu'il a effectuées pour déterminer l'influence du mélange de l'air au gaz avant l'entrée dans la flamme.

Comme nous citons ces essais, nous pensons utile de donner un mot d'explication sur le brûleur qui a servi de type à M. G. Lefebvre.

Nous savons qu'une flamme de gaz pur est d'autant moins éclairante et d'autant plus courte, que l'orifice de sortie du gaz est plus étroit ; le gaz, sortant du brûleur avec une grande vitesse, entraîne un grand volume d'air, et la flamme obtenue est très chaude et participe dans une certaine mesure aux qualités des flammes Bunsen. A titre d'exemple, nous citerons le bec héliogène à incandescence par le gaz, système de Mare, dans lequel un bec papillon à fente très mince porte à l'incandescence une plume en thorium ; l'éclairage très vif démontre que la flamme ainsi obtenue sans mélange d'air est cependant aussi chaude que la meilleure flamme Bunsen.

On comprend que, dans ces conditions, un brûleur théo-

rique sans mélange d'air ait pu donner de bons résultats tout en n'étant pas d'un emploi pratique.

Flamme Bunsen. — C'est la flamme que tout le monde connaît, c'est celle qui est obtenue dans tous les fourneaux de cuisine du commerce, sa caractéristique est que le dosage d'air entraîné par le gaz ne dépasse pas le dosage de 2 volumes $1/2$ d'air pour 1 de gaz.

Flamme auto-comburante. — Le principe des brû-

leurs à flamme auto-comburante a déjà été exposé par M. Léon Litschfousse au congrès de 1901 et par moi-même au congrès de 1902, il n'est pas nécessaire d'y revenir, il suf-

fit de rappeler que le brûleur est formé de deux troncs de cône opposés par leur sommet (fig. 3); le gaz sort par un éjecteur à un trou soigneusement calibré pour la pression à laquelle le brûleur doit fonctionner.

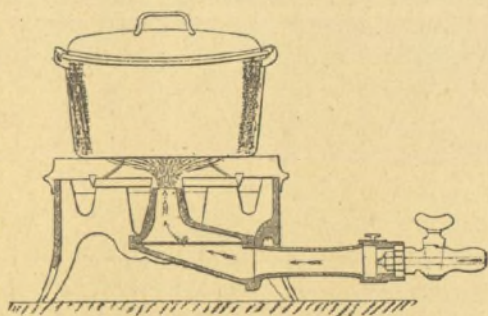


Fig. 3.

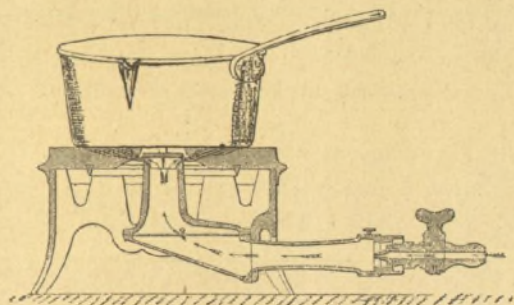


Fig. 4.

Le cône divergent aboutit à une chambre de mélange divisée en deux parties par un diaphragme perforé; la disposition de la chambre de mélange est telle que la section offerte au gaz va en diminuant au fur et à

mesure que le mélange d'air et de gaz a traversé le diaphragme.

Les gaz tamisés et bien mélangés après le diaphragme

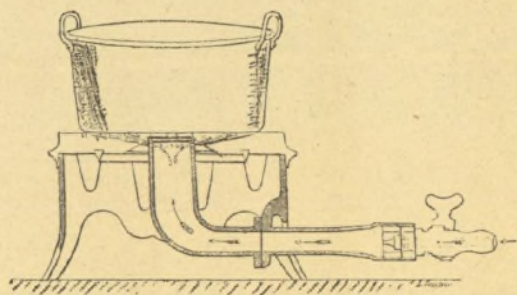


Fig. 5.

sont rassemblés dans la partie supérieure de la chambre pour aboutir à un orifice circulaire (fig. 3) ou à un orifice annulaire (fig. 4) ou encore à un orifice circulaire perforé (fig. 5).

*Expérience sur la flamme éclairante
et la flamme Bunsen.*

Les expériences que nous relatons ici proviennent des essais de M. G. Lefebvre sur un brûleur à flamme éclairante que nous avons décrit et sur un brûleur semblable alimenté par du gaz mélangé, au gazomètre, d'air dans une proportion connue.

Le calorimètre était une casserole de cuivre rouge d'une capacité de 11.13 placée au centre d'un cylindre en tôle et maintenue par trois griffes, avec un intervalle de 13 millimètres autour pour la circulation des produits de la combustion.

Un agitateur placé sur le couvercle de la casserole reçoit le mouvement d'un rouage d'horlogerie et remue l'eau pour en égaliser la température, enfin un thermomètre fixé au couvercle donne la température de l'eau.

Dans ces conditions, beaucoup plus avantageuses que celles où on se place habituellement, car on n'entoure pas

d'habitude les casseroles d'une enveloppe de circulation en tôle et on ne les munit pas d'agitateur, M. G. Lefebvre a obtenu les résultats suivants :

Proportion d'air dans le mélange combustible	0 %	10 %	15 %	20 %	25 %	33 %
Litres de gaz pour élever 1 kilogr. d'eau de 0 à 100°. . . K =	31,84	37,4	39,20	40,40	45,60	48,00
Rapport. R =	100,00	117,7	123,1	126,8	143,0	150,7

D'après ce résultat, M. Lefebvre conclut que le rendement diminue avec l'augmentation de la proportion d'air dans le mélange, il en donne comme confirmation le résultat d'essais effectués sur six fourneaux avec le même calorimètre à enveloppe de tôle :

Fourneau n°	1	2	3	4	5	6
Nombre d'essais ayant concouru à la moyenne	6	4	6	5	10	8
Litres de gaz pour élever 1 kilogr. d'eau de 0 à 100°. . . K =	55,43	49,86	45,41	38,10	37,34	34,19
Rapport. R =	159,0	146,0	130,0	111,5	109,2	100,0

Il nous manque malheureusement dans cet essai, comme dans l'essai précédent, l'indication de la consommation de gaz à l'heure et le temps nécessité pour amener l'ébullition, car, toutes proportions gardées, le meilleur brûleur est évidemment celui qui, pour la plus faible dépense, met le moins de temps pour amener 1 kilogramme d'eau de 0 à 100°.

La conclusion de M. Lefebvre est que le mélange de l'air au gaz n'est pas une nécessité mais un mal nécessaire; voyons si cette opinion est confirmée dans les essais effectués dans les concours officiels du ministère de l'agriculture

en 1901 et 1902, au Conservatoire des Arts et Métiers, par MM. Violle, Lindet et Villard sur plus de 80 types de réchauds à alcool.

Les essais sont absolument comparables à ceux que nous donnerons plus loin; ils ont été effectués au moyen d'une casserole en cuivre contenant 1 kilogramme d'eau, avec couvercle portant un thermomètre, pas d'agitateur ni de double enveloppe, nous avons donc le résultat même qu'on obtient dans la cuisine courante.

On remarquera qu'au contraire de ce qu'a trouvé M. Lefebvre ce sont les brûleurs à mélange d'air qui sont les plus économiques, et que ce sont eux qui arrivent, résultat auquel on doit tendre, à loger dans le liquide le maximum de calories dans l'unité de temps.

Les petits brûleurs sont plus économiques que les gros, parce que les gaz, après avoir frappé le centre de la casserole, ont plus de chemin à faire avant de se répandre dans l'atmosphère; il est vrai que la perte en chaleur rayonnée par la casserole augmente avec le temps, mais cette perte est proportionnelle à la différence de température entre le liquide et l'atmosphère ambiante, tandis que la chaleur reçue par la casserole est proportionnelle à la différence entre la température de la flamme et celle du liquide, différence qui est très grande.

Comme conclusion accessoire de ces essais, on peut poser que les brûleurs les plus avantageux sont ceux qui ont le plus petit diamètre et qui développent leur chaleur au centre de la casserole, là où les gaz ont le plus grand trajet à effectuer.

De la flamme auto-comburante.

Nous possédons maintenant tous les éléments nécessaires pour contrôler les avantages des flammes auto-comburantes appliquées au chauffage culinaire.



CUISINIÈRES ET FOURNEAUX A GAZ

Tableau des essais effectués sur des fourneaux à alcool au Conservatoire des Arts et Métiers en novembre 1901 et avril 1902, par MM. Violle, Lindet et Villard.

GENRE DE FLAMME	CONSUMMATION horaire grammes		TEMPS minutes		CONSUMMATION de 0° à 100° grammes		CONSUMMATION de 0 à 100° grammes		CALORIES développées de 0 à 100°	RENDMENT — %o	CALORIES logées par minute dans l'eau de la casserole	CONSUMMATION correspon- dante en litres de gaz
	de + 12° à 100°	de + 12° à 100°	de + 12° à 100°	de + 12° à 100°	de + 12° à 100°	de + 12° à 100°	de + 12° à 100°	de + 12° à 100°				
1901												
Sans mélange d'air.	300 218 285	267,6	12 46 9	12 1/3	52 58 44	51,3	343	58,2	28,1	8,10	64,5	
Sans mélange d'air.	167 133 101	133,5	17 20 22	19 2/3	47 44 57	42,7	286	48,5	35,0	5,08	54,0	
Avec mélange d'air.	218 276 285	249	12 8 10	9 3/4	42 37 44	39,5	204	44,8	37,9	40,25	49,8	
Avec mélange d'air.	218 140	140	9 15	15	35 35	35,0	234	39,7	42,7	6,66	44,1	
1902												
Sans mélange d'air.	306 204 218	242	8 40 10	9 1/4	41 34 36	37,0	256	43,5	39,0	40,80	48,3	
Avec mélange d'air.	240 228 260 210	280	9 8 8 10	7 1/3	36 32 37 38	35,1	244	41,3	41,0	43,60	46,0	
Avec mélange d'air.	258 320 312 308	163,6	7 6 6	14	32 32 34 33	33,4	231	39,2	43,2	7,15	43,6	

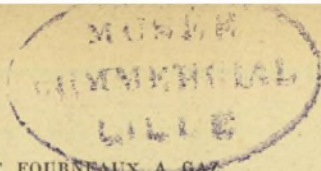
Par définition, d'après M. Clamond, la dénomination de flamme auto-comburante s'entend d'une flamme alimentée par un mélange très homogène et très intime de gaz et d'air, dans lequel l'air rentre pour environ 5 volumes contre 1 de gaz; à cette flamme il manque encore 1 volume d'air puisé pendant la combustion dans l'atmosphère ambiante.

Pour pouvoir produire et brûler un semblable mélange d'air et de gaz, il est nécessaire d'avoir un brûleur très bien construit, dans lequel les angles de l'injecteur, des cônes convergents et divergents soient très bien calculés; qui soit en outre muni d'un dispositif très efficace empêchant le retour de flamme à l'intérieur; il ne faut pas oublier que la flamme auto-comburante peut brûler presque complètement dans un espace fermé, ce n'est donc qu'en conservant au mélange gazeux à sa sortie du brûleur une vitesse plus grande que celle de propagation de la flamme qu'on pourra éviter le retour ou l'inflammation à l'injecteur.

Nous avons depuis longtemps étudié la question au point de vue théorique (*Communications aux congrès de 1898 et 1899 de notre Société [mémoires couronnés]*), et nous reconnaissons que M. Clamond a très bien réalisé le problème.

Comment maintenant accorder cela avec les expériences de M. Lefebvre, qui a trouvé que plus on mélangeait d'air au gaz avant sa combustion et plus le résultat était mauvais.

Cela prouve simplement que M. Lefebvre s'est arrêté trop tôt; s'il avait été plus loin que le mélange de un volume d'air pour deux de gaz, et qu'il ait essayé le rapport inverse, deux d'air pour un de gaz, il aurait vu le résultat s'améliorer (essais sur les fourneaux à alcool du Conservatoire des Arts et Métiers), et s'il avait pu aller encore plus loin, s'il avait pu avoir un brûleur lui permettant d'utiliser un mélange de cinq volumes d'air pour un de gaz, il aurait obtenu des résultats dépassant ceux obtenus avec les brûleurs à flammes éclairantes.



M. Clamond démontre d'ailleurs les avantages de la flamme auto-comburante d'une façon très élégante :

On prend le fourneau à brûleur conique de la figure 3 ; on l'allume, en plaçant dessus un récipient d'essai rempli d'eau.

Si on regarde dans le même plan horizontal que le fond du vase, on voit que la flamme brûle au contact même de la paroi de cuivre, par conséquent dans les conditions les plus favorables pour la transmission de la chaleur ; d'autre part, les produits de la combustion sont tellement refroidis que dans les débuts de l'allumage, c'est-à-dire avant que l'eau soit chaude, on peut mettre la main tout à côté de la casserole sans être brûlé par l'air chaud ; en effet, si on vérifie avec un thermomètre, on voit que les gaz brûlés sont à peine à 70°.

On continue l'expérience jusqu'au moment où l'eau entre en ébullition ; à ce moment on ferme un peu les orifices d'air, de manière à diminuer la proportion d'air dans le mélange, et au même instant l'ébullition s'arrête pour ne reprendre que beaucoup plus tard. Si on regarde la flamme, on voit qu'elle ne touche plus le fond de la casserole, elle est décollée et il y a entre la flamme et la casserole un espace de 7 à 8 millimètres formé par une couche de gaz non encore brûlés par suite du manque d'air dans le mélange ; la combustion pouvant seulement s'opérer par la face inférieure de la couche gazeuse en combustion, la flamme déborde du vase et le rendement baisse de près de 30 %.

Une autre expérience, qui confirme la première, consiste à faire un essai sur un kilogramme d'eau avec la flamme auto-comburante ; dans un semblable essai nous avons obtenu 31 l. 6 pour passer de + 11 à 100° ; ensuite le même essai, effectué dans les mêmes conditions, mais avec un mélange de gaz contenant deux ou trois parties d'air, a donné 43 litres pour le même écart de température soit 36 % de consommation en plus.

Essai comparatif sur le fourneau Clamond.

Nous avons fait, à la demande de la Société française de Chaleur et Lumière, une série d'expériences comparatives entre le fourneau Clamond et un certain nombre de fourneaux achetés dans le commerce; parmi eux se trouvait un fourneau de modèle de ceux qu'une de nos plus grosses compagnies gazières prête gratuitement à ses abonnés.

Ces essais donnent des résultats vraiment industriels, attendu que les récipients utilisés étaient de vraies casseroles en cuivre étamé, avec couvercle percé d'un trou pour passer le thermomètre, mais sans double enveloppe ni aucun autre accessoire.

En résumé, ce tableau démontre que la consommation en gaz du fourneau Clamond, ramené à 0° et 760 millimètres, correction qu'il ne faut pas manquer de faire si l'on veut avoir des résultats comparables, est de 30 l. 9 par kilogramme d'eau chauffée de 0 à 100° contre 49 l. 7 pour les autres fourneaux, soit une économie de 37, 5% et une rapidité de chauffage presque égale.

L'essai sur deux litres est plus typique parce que nous avons pu, en nous servant des petits ronds, donner à peu près la même dépense à tous les brûleurs.

Le fourneau de Clamond, qui avait servi pour la casserole de 5 litres, donne 32 l. 9 de gaz à 0°, et 760 millimètres par kilogramme d'eau portée de 0 à 100°; la consommation est de 2 litres, plus élevée que dans le cas précédent, parce que la casserole est moins large; les autres fourneaux à brûleur annulaire accusent 41 l. 2 dans les mêmes conditions. Le fourneau Clamond chauffe plus vite et procure une économie de 20%.

Enfin, dans l'essai avec la casserole de 4 litre, nous avons fait plusieurs essais à différentes allures sur le fourneau de prêt gratuit, le plus répandu dans la clientèle.

FOURNEAU	PRESSION — millimètres	Consommation horaire — litres	TEMPS — minutes	Par kilo d'eau de +11 à +100 — litres	Par kilo d'eau de 0 à + 100 — litres	VOLUME à 0° et 700 m ³ /m — litres	CALORIES développées	RENDIMENT 0/0	CALORIES légères par minute dans l'eau de la casserole
Casserole de cinq litres									
Clamond brûleur conique.	45	290	34,40	30,34	34,00	31,90	469	59,4	44,4
— — — annulaire.	45	350	26,50	30,90	34,70	32,60	473	57,7	46,8
— — —	45	310	26,00	26,86	30,20	28,30	450	66,6	47,4
Fourneau R.....	20	440	33,48	48,80	54,80	51,40	272	36,8	43,4
— R.....	40	645	23,46	50,10	56,40	53,00	281	35,6	49,2
— de prêt.....	20	570	22,48	43,40	48,80	45,80	243	41,2	49,8
— — —	40	805	17,43	46,34	52,00	48,80	259	38,6	26,0
Casserole de deux litres									
Clamond brûleur conique.	42	340	10,38	31,45	35,00	32,80	474	57,5	46,3
— — —	45	350	10,45	31,40	35,20	33,00	475	57,4	46,6
Fourneau de prêt.....	35	350	13,10	38,20	42,9	40,3	214	46,7	43,5
— C' à disque.....	40	360	13,30	40,30	45,5	42,7	226	44,3	42,8
— R.....	16	340	14,00	39,66	44,5	41,8	222	45,0	42,7
Casserole de un litre									
Clamond brûleur annulaire ...	60	350	5,30	32,1	36,0	33,8	479	55,8	46,8
— — —	57	340	5,42	32,4	36,4	34,2	481	55,2	46,4
Fourneau de prêt.....	60	385	6,30	40,4	45,4	42,6	226	44,2	44,4
— — —	545	540	5,40	46,3	52,0	48,8	259	38,6	47,4
— — —	27	295	7,57	39,1	44,0	41,3	219	45,6	41,2
— C' à disque.....	40	360	7,10	43,0	48,3	45,3	240	41,6	42,4
— R.....	35	350	7,04	44,13	46,4	43,5	230	43,5	42,6

Le fourneau Clamond, toujours avec le même brûleur qui avait servi pour 5 et 2 litres, donne pour consommation moyenne

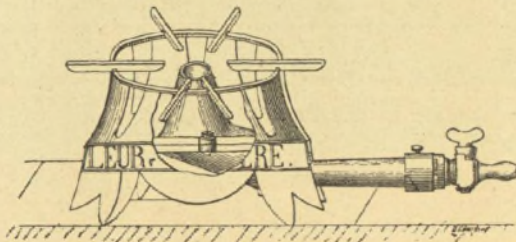


Fig. 6.

34 litres de gaz à 0 et 760 millimètres pour élever 1 kilogramme d'eau de 0 à 100°; les autres fourneaux donnent 45 l. 3 en moyenne.

Le fourneau Clamond offre une économie de 25 % et une plus grande rapidité de chauffage.

Si nous prenons la moyenne de toutes les économies constatées nous obtiendrons :

$$\frac{37,5 + 20 + 25}{3} = 27,5 \%$$

pour l'économie obtenue avec le fourneau Clamond par rapport aux fourneaux courants du commerce dans la moyenne des cas.

A noter encore le rendement très élevé de 55 à 60 % qu'il ne nous avait pas encore été donné

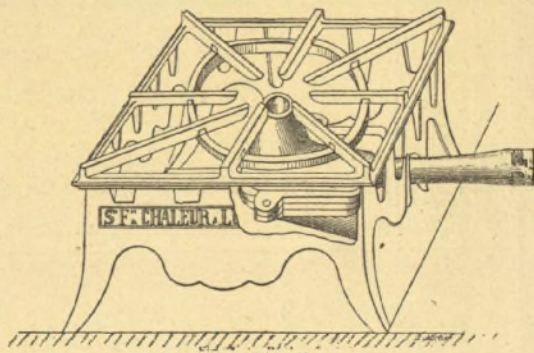


Fig. 7.

de constater; nous appelions justement l'année dernière, dans notre communication sur les éclairages concurrents du gaz, l'attention de nos collègues sur les mauvais ren-

dements des fourneaux de cuisine à gaz, faisant remarquer que 37 litres par kilogramme d'eau à 100° nous semblaient le minimum possible, n'ayant jamais dans nos essais trouvé moins de 45 litres et souvent 60.

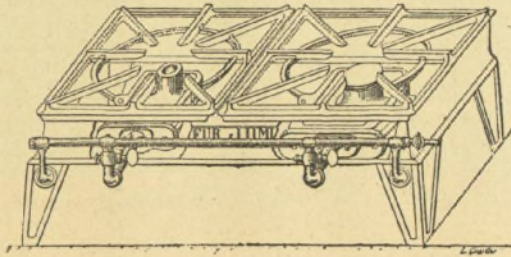


Fig. 8.

Différents modèles de fourneaux.

La Société française de Chaleur et Lumière a étudié jusqu'à présent quatre modèles de fourneaux répondant à peu près à la demande courante.

Le n° 0 (fig. 6), qui est un petit réchaud de cuisine et de laboratoire;

Le n° 1 (fig. 7), qui se fait avec brûleur conique ou annulaire pour la cuisine, l'industrie, les laboratoires;

Le n° 2 (fig. 8), qui se fait avec un brûleur conique et un brûleur annulaire et qui constitue le vrai fourneau de cuisine.

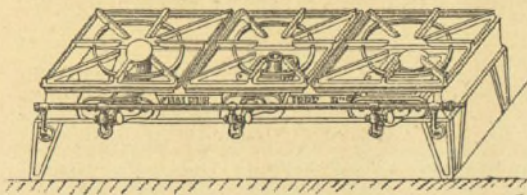


Fig. 9.

Ce modèle peut s'établir avec rôtissoire.

Le brûleur conique est plus spécialement recommandable pour le gros chauffage, ébullition de l'eau, soupes, pot-au-feu; le brûleur annulaire qui répartit mieux la flamme pour les ragoûts; le brûleur-pipe convient pour le petit chauffage, sauces, crèmes, roux, etc.;

Enfin le fourneau n° 3 (fig. 9) comporte les trois brûleurs, conique, annulaire et brûleur-pipe.

Et, pour terminer, je rappellerai une partie de la conférence que M. G. Lefebvre, auquel j'ai fait beaucoup d'emprunts dans cette note, a faite au Conservatoire des Arts et Métiers le 2 mars 1884; l'éminent ingénieur de la Compagnie Parisienne du Gaz disait :

Il faut mettre au rancart ce vieux préjugé qui fait dire que les Compagnies de gaz ont intérêt à propager les appareils qui consomment beaucoup de gaz, qui font tourner les compteurs. Bien au contraire, les Compagnies ont intérêt à ce que le gaz soit employé avec intelligence, avec économie; c'est le plus sûr moyen d'en vendre beaucoup.

Comme nous ne doutons pas que les Compagnies et Sociétés gazières soient toujours dans les mêmes idées, elles pourront en toute confiance présenter le nouveau fourneau de la Société française de Chaleur et Lumière à leur clientèle, car c'est un appareil scientifiquement étudié et réellement économique.

Pour porter 1 litre d'eau à l'ébullition, il faut 100 calories ou 115 watts-heure 8; donc, théoriquement, 1 m.³ de gaz, possédant 5.300 calories, élèvera 53 litres d'eau à 100° dans la même unité de temps.

Le rendement thermique ou relatif à la chaleur avec le gaz d'éclairage est d'environ 20 %, et une consommation de 130 litres de gaz de houille est nécessaire à l'obtention de 635 calories ou cheval-heure; 1 calorie équivaut à 425 kilogrammètres, 4.178 joules ou watts-seconde et à 1.158 watts-heure. Un kilogramme de gaz, en brûlant, donne 11.676 calories, tandis que la houille donne pour la même quantité employée 8.000 calories à peu près autant que le coke.

Fort des principes qui précèdent, il est facile d'obtenir dans un fourneau à gaz domestique bien conditionné, ce

qui existe d'ailleurs, les consommations horaires suivantes qui ont été établies sur un fourneau prêté gratuitement par la Société du Gaz de Paris.

Couronnes.	{	Petit brûleur champignon.	150 litres.
		Moyen brûleur.	250 —
		Grand brûleur.	300 —
Rôtissoire grillade à flamme blanche		400 —	
Total			1.400 litres.

L'on remarquera de suite que les consommations ci-dessus indiquées sont très rarement atteintes et qu'un compteur d'une capacité de 5 becs ne livrant normalement que 700 ou 750 litres à l'heure, qu'en outre deux ou trois autres appareils d'éclairage ou autre soient simultanément en service, des faiblesses d'éclairage se manifesteraient; la seule cause en résiderait dans l'insuffisance de capacité du compteur.

Puisque infailliblement le compteur, cette autre merveille de précision, vient en cause, qu'il me soit permis, ici, de témoigner ma surprise dans la fabrication nouvelle des compteurs à volants Duplex. Les fabricants qui, certes, ne l'ignoraient pas ont oublié de prévoir le nivellement de ces appareils chez les chimistes, bactériologistes, etc., où le gaz reste en charge jour et nuit, et que, pour rétablir ce nivellement dans ces appareils au-dessous de 20 becs de capacité, il faut provoquer l'extinction de tous les brûleurs sans souci des travaux de laboratoires ou d'études souvent méticuleuses.... Douce vision, ma foi, pour ces talentueux travailleurs de la science; puissent les fabricants, dans l'avenir, obvier à ce fâcheux inconvénient. Allons, monsieur Chamon, un bon mouvement de votre habituelle obligeance à l'égard de ces pionniers vigilants qui sont l'honneur et la gloire de notre pays....

D'après un sérieux examen fait par la Compagnie de

fabrication¹ et corroboré par la pratique, voici le résumé des observations relatives à l'altération du niveau d'eau dans les anciens compteurs par rapport aux nouveaux compteurs à mesures invariables.

L'examen du tableau ci-après montre que les différentes causes qui rendent inexactes les indications des compteurs ordinaires, n'ont pas d'influence appréciable sur le mesurage des compteurs « Duplex. »

Pour en revenir aux fourneaux de cuisine au gaz, il faut mentionner les divers appareils plus conséquents qui peuvent alors être dénommés cuisinières à gaz et qui comportent les grillades, braisières, fritureries, étuves à vaisselle, fours à pâtisserie, rôtissoires, chambres chaudes, etc. et auxquelles sont souvent adjoints un fourneau à charbon de terre ou à coke. Les dépenses de ces grands appareils varient naturellement avec leur puissance et l'effet utile obtenu, sans oublier toutefois que plus est grande la consommation, plus grande aussi est l'utilisation intégrale du calorique fourni, ce qui, entre parenthèses, ne peut se produire avec l'électricité, par exemple, ce genre de chauffage n'ayant lieu que par radiations ou avec d'encombrants appareils spéciaux, il faudra toujours une nouvelle résistance, source de chaleur, chaque fois qu'il sera nécessaire d'ajouter un service supplémentaire, à moins cependant (ce mode étant encore dans ses débuts plutôt classiques que pratiques) que l'avenir ne nous réserve quelque surprise dans l'application judicieuse de la chaleur provenant de l'énergie électrique développée dans l'arc voltaïque ou autre.

En tout cas, rappelons constamment et à satiété aux abonnés que l'emploi convenable des fours à gaz, quels qu'ils soient, ne doit avoir lieu qu'après un chauffage

1. Compagnie pour la fabrication des compteurs et matériel d'usines à gaz, 27, 29, 31, rue Claude-Vellefaux.

Tableau comparatif des écarts de mesurage résultant des différentes causes d'erreur dans les compteurs ordinaires et « Duplex. »

CAUSES D'ERREUR	INDICATIONS DES COMPTEURS POUR UN DÉBIT RÉEL DE 100 LITRES						
	COMPTEUR DE 5 BECS		COMPTEUR DE 10 BECS		COMPTEUR DE 20 BECS		
	ORDINAIRE	DUPLEX	ORDINAIRE	DUPLEX	ORDINAIRE	DUPLEX	
Évaporation dans les conditions moyennes de température et de débit.....	400 lit.	400 lit.	400 lit.	400 lit.	400 lit.	400 lit.	
	98	400	98	100	98.5	400	
	96.5	400	96.5	100	97	400	
	93.5	400	94	100	93.5	400	
Inclinaison de l'arrière à l'avant.....	de 50 millimètres par mètre.	96.5	100.5	96	100	97	400
	de 400	95	404	94	400.5	94.5	400.5
	de 450	94	401.5	92.5	400.5	ne marque plus	400.5
Inclinaison de gauche à droite.....	de 50 millimètres par mètre.	97	400	97.5	400.5	98	400
	de 400	97.5	400	97.5	100	99	400
	de 450	soupape fermée ¹	soupape fermée ¹	soupape fermée ¹	soupape fermée ¹	soupape fermée ¹	99.5

1. A condition que la soupape fonctionne, ce qui est plutôt rare après quelque temps de service.

préalable de ces fours, s'ils veulent obtenir le summum d'une cuisson parfaite et exempte de toute odeur et même arriver à un bien meilleur résultat qu'avec tout autre combustible, risque à user 50 litres de gaz en plus, somme insignifiante par rapport aux résultats obtenus; dans ce dernier cas, ils acquerront la certitude que la fausse légende concernant la cuisson au gaz est totalement dénuée de fondement tout en ayant complète satisfaction. Dans tout appareil servant à produire la chaleur nécessaire à la cuisine, le four n'est-il pas suffisamment chaud au moment d'y introduire les aliments à faire cuire?

La meilleure preuve et la plus convaincante corroborant ces dires réside en ce que de grands établissements, d'importants restaurants ou de vastes hôtels font aujourd'hui la cuisine au gaz avec des appareils appropriés, comprenant : cuisinières, rôtissoires, service d'eau chaude, lavabos, toilettes, etc.

CHAPITRE VII

Chauffage au gaz.

Le chauffage au gaz, qui prend chaque jour plus d'extension, est avantageusement employé avec les foyers radiateurs, ainsi que par les nombreux types de cheminées à foyers rayonnants dits calorifères.

Les fabricants, toujours soucieux de faire mieux, rivalisent dans la conception de leurs appareils, et l'on peut croire sans exagération que dans cette voie l'on est parvenu aux progrès les plus parfaits.

Avant d'aller plus loin, quelques indications sommaires sur la chaleur proprement dite sont utiles.

La chaleur se manifeste à nous par les diverses sensations de chaud ou de froid que l'on éprouve, mais en fait il n'y a ni chaud ni froid, il n'y a que différence de température à l'égard de la matière envisagée ou de l'air qui nous entoure. D'où une relation très étroite entre la température et la chaleur.

Le soleil et le feu sont, pour nous, les deux sources essentielles de chaleur.

La chaleur est un agent se propageant dans l'air ainsi que dans le vide, en ligne droite comme en tous sens; elle se présente sous de nombreux aspects : dans la dilatation ou la contraction des liquides, solides ou gaz, dans le

changement d'état de ces corps, dans leur échauffement, elle produit des effets chimiques (mélanges détonants), des effets de lumière (incandescence), des phénomènes électriques. Ainsi lorsque l'on met en présence d'une source de chaleur un corps de température plus élevée que celle-ci, ce corps perd de sa chaleur au profit de la source considérée ou au profit de l'espace qui l'entoure jusqu'à ce que leurs températures soient égales, réciproquement les corps absorbent une partie de la chaleur qu'ils reçoivent, il s'ensuit qu'entre deux corps de températures différentes, il y a échange continu de calorique jusqu'à ce que l'équilibre soit atteint.

Les corps conduisent plus ou moins bien la chaleur, de même aussi qu'ils en absorbent plus ou moins, selon leur constitution ; l'air, l'hydrogène, l'oxygène n'en absorbent que la 300^e partie de celle reçue. Les gaz, en se dilatant, perdent de leur densité et de leur pression (montgolfières), c'est ce qui fait que la pression de l'air, généralement de 0 m. 760 à Paris, doit être considérée à la température de 0° et sec.

La chaleur possédée par tout corps, fluide ou gaz, est donc sa température, et il résulte d'expériences extrêmement justes et approfondies que jusqu'à un certain maximum, après lequel il diminue, le coefficient de dilatabilité des gaz augmente ; que ce maximum est atteint sous une pression égale au produit de cette pression par le volume du gaz ou au moment de sa plus forte compression, et la température en croissant rend de moins en moins sensible ce maximum de coefficient, jusqu'à ce qu'il n'existe plus.

On dit qu'un gaz est à l'état adiabatique, quand il ne reçoit ou ne communique aucune chaleur.

On distingue communément deux sortes de chaleur propres aux différents corps : la chaleur spécifique et la chaleur latente.

1° La chaleur spécifique des corps, des gaz et des vapeurs¹ est la quantité de chaleur nécessaire à l'élévation de la température de ces corps de 1°, avec cette remarque assez importante que, dans les gaz, cette valeur est souvent rapportée au volume; dans les évaluations, au lieu du poids, on la rapporte aussi quelquefois au poids moléculaire, les gaz renfermant toujours le même nombre de molécules, sous un même volume, sous la même pression et à la même température; ainsi considérée, la chaleur spécifique est proportionnelle à la chaleur spécifique rapportée au volume.

La chaleur spécifique est celle appartenant exclusivement au corps que l'on considère.

A tout accroissement de température d'un corps, il correspond un accroissement de force vive des molécules, proportionnel à sa température absolue.

2° La chaleur latente est la chaleur dégagée ou absorbée par un corps lors de son changement d'état; cette chaleur n'est pas toujours apparente.

Voici les chaleurs spécifiques, les densités, les formules et les poids moléculaires de quelques gaz entrant dans la composition du gaz d'éclairage.

POIDS MOLECULAIRE	DENSITÉ par RAPPORT A L'AIR	NOMS DES GAZ	CHALEUR SPECIFIQUE	FORMULES
2	1.105	Hydrogène.	0,896	H
28	0,968	Oxyde de carbone.	1,254	CO
28	0,972	Azote	1,256	Az
28	0,971	Ethylène	0,716	C ² H ⁴
26	0,920	Acétylène	?	C ² H ²
16	0,558	Méthane	0,593	CH ⁴

1. La vapeur est un état intermédiaire entre un liquide et un gaz; un gaz est dit parfait lorsqu'il est très éloigné de son point de liquéfaction.

C'est sur tous les principes énoncés plus haut que sont construits les différents appareils vendus commercialement, et j'aurais pu m'étendre davantage encore sur les résultats qui en découlent, mais la grande pratique, aidant tout au moins autant que la théorie, je passe au côté plus intéressant pour nous.

Actuellement, le prix du mètre cube de gaz permet aussi d'établir, pour des besoins plus importants et avec une très remarquable économie sur tous les autres combustibles, un chauffage central au gaz et à l'eau chaude remplissant les meilleures conditions d'hygiène voulues, en remplaçant les calorifères à air chaud, qui dessèchent l'atmosphère et y introduisent un air en partie vicié par son trajet dans les conduits. Ce nouveau système de chauffage se développe, d'ailleurs, avec rapidité, et on lui prévoit un brillant essor.

Des fours de boulangers, les machines de chapeliers et tous les appareils fonctionnant au gaz ont repris une recrudescence d'activité lors de l'abaissement du prix de vente du gaz, et, malgré la vive concurrence dont il est l'objet, la consommation ne fait que progresser, on peut même se demander si cette progression s'arrêtera jamais.

Voici rapportées aussi fidèlement que possible les différentes consommations horaires des principaux appareils de chauffage domestique actuellement en usage :

Poêles circulaires à amiante. — Flamme bleue 1 ou 2 rampes.

HAUTEUR EN MÈTRES	DIAMÈTRE EN MÈTRES	CONSOMMATION EN LITRES
0,75	0,25	500
0,90	0,30	900
1,00	0,40	1000

Cheminées rectangulaires à amiante.

HAUTEUR	LARGEUR	PROFONDEUR	CONSUMMATION
0,55	0,50	0,20	500
0,60	0,55	0,20	700
0,70	0,80	0,20	1.000

Poêles circulaires à flamme blanche, à débit constant par l'adjonction d'un régulateur automatique ou d'un rhéomètre.

HAUTEUR EN MÈTRES	DIAMÈTRE EN MÈTRES	CONSUMMATION EN LITRES
0,90	0,25	600
1,00	0,35	1.200
1,75	0,60	3.500

Les radiateurs à tubes pour chauffage intermittent ou continu consomment, selon la grosseur des tubes employés et le genre de fabrication, environ 60 litres pour les petits et 120 litres pour les modèles plus grands, par tube.

Relativement à ce genre de chauffage, je ne puis mieux faire que reproduire fidèlement une judicieuse étude due à M. A. Lecomte, au 29^e congrès de la Société technique de l'Industrie du gaz en France les 17 et 18 juin 1902 (Paris), les appareils dus à Société française *Chaleur et Lumière* étant les plus répandus aujourd'hui et donnant les meilleurs résultats.

Il en est de même de la fabrication et de l'installation de tous les bons appareils offerts par d'importantes maisons de construction d'articles de chauffage au gaz, qui se sont spécialisées dans ce genre de travail; les résultats obtenus ne laissent et ne doivent laisser aucun regret, aussi bien pécuniairement qu'hygiéniquement parlant.

Les incalculables installations, qu'ont fait faire sur mes conseils un grand nombre d'abonnés, sont la meilleure référence que l'on puisse fournir, et leur étendue toujours croissante suffit à indiquer la tendance marquée que le public apporte à ce mode rationnel de chauffage, appelé à remplacer d'une façon définitive tout ce qui existe aujourd'hui, et un concours¹, qui doit avoir prochainement lieu entre tous les principaux constructeurs, fixera bientôt d'une manière indubitable les derniers hésitants.

Étude sur le chauffage par le gaz. — Radiateurs à gaz de la Société française de Chaleur et Lumière², par M. A. Lecomte.

« Il me semble que si ce n'était la fragilité des manchons, l'application des lois physiques nous conduirait à juxtaposer un nombre plus ou moins grand de becs à incandescence sans verre, pour obtenir une cheminée d'un très bon rendement. »

(*Congrès international de 1900. — Discours de M. Th. Vautier, président.*)

Il existe peu de travaux, dans nos congrès annuels, sur la question du chauffage des habitations par les poêles à gaz ; à côté de l'éclairage et de la cuisine, le gaz peut et doit prendre une place importante, car dans les pays où le gaz est vendu bon marché, on ne trouve pas d'autre mode de chauffage dans toutes les maisons bourgeoises, il en est ainsi en Belgique et en Angleterre, malgré le très bas prix du charbon.

1. La Société du Gaz de Paris, ouvre en effet, pour courant novembre, un vaste concours d'appareils de chauffage au gaz, fours de boulangers, cheminées, chauffage central, etc., etc.

2. Les radiateurs à gaz, présentés par la Société française de Chaleur et Lumière au concours de la Société Technique de l'industrie du gaz en France, ont obtenu un prix de 500 francs au congrès de 1902.

C'est une erreur de croire que le chauffage au gaz est onéreux, et nous espérons bien démontrer le contraire dans cette étude; d'autre part, le chauffage au gaz est d'autant plus à pousser et encourager, que c'est du gaz de jour qui est consommé, ce qui conduit à une utilisation plus complète de la canalisation et à la diminution de l'importance des fuites.

Il est un fait qu'on ne discute plus, c'est qu'il est plus économique de faire la cuisine avec du gaz à 0 fr. 30 le m.³ qu'avec du charbon de bois à 0 fr. 20 le kilogramme, et l'économie est très importante puisqu'elle atteint 50 %, aussi bien dans les expériences de M. G. Lefebvre, qui datent de 1880 et qui portaient sur des petits fourneaux de cuisine que dans les expériences de cuisine industrielle de M. A. Lévy sur le fourneau de cuisine à gaz de l'École Polytechnique qui peut faire rôtir 100 poulets à la fois.

Au congrès international du gaz en 1900, M. Auguste Lévy, chef du service des travaux mécaniques de la Compagnie Parisienne du Gaz, nous a exposé les résultats trouvés par la Compagnie sur plusieurs poêles à gaz de sa construction; cette note était complétée par un exposé succinct de la méthode employée par M. Hart au laboratoire du Lendit pour l'essai des poêles.

Nous nous servirons de ces documents que nous aurions souhaité voir plus détaillés.

M. Léon Lichtfousse, au dernier congrès de 1901, nous a donné une étude très condensée sur le brûleur Kern dont il est fait emploi dans le radiateur à gaz de la Société Chaleur et Lumière.

Cette étude ne fera pas double emploi avec la nôtre, car nous avons traité la question à un point de vue différent.

Nous savons qu'on peut brûler le gaz de plusieurs façons, avec une flamme éclairante ou avec une flamme bleue dite flamme Bunsen.

Dans le cas qui nous occupe, et surtout dans le cas du

poêle pour chauffage intermittent, c'est-à-dire sans cheminée d'échappement des gaz brûlés, on peut se demander quelle peut être l'influence, au point de vue du chauffage de la pièce, que le gaz soit brûlé d'une façon ou d'une autre, puisque toutes les calories développées concourent au chauffage de la pièce dans un cas comme dans l'autre.

On verra qu'il n'en est rien, que le mode de combustion

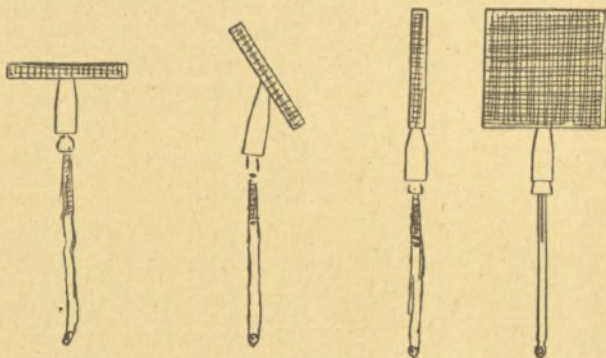


Fig. 10.

du gaz a une très grande importance et que, précisément, le poêle à gaz de la Société Chaleur et Lumière se prête très bien à cette démonstration, car il permet de brûler le gaz de quatre façons différentes.

Expériences calorimétriques.

Pour calculer la quantité de chaleur rayonnée par le poêle et la manière dont la chaleur est répartie, nous nous sommes servis de petits calorimètres (fig. 10) en cuivre rouge, la surface du cuivre rouge étant mate, noircie à fumée de benzine, calorimètres analogues à ceux décrits par M. Guéguen en 1889 pour son beau travail sur le rayonnement des becs de gaz.

Ces calorimètres ont exactement 1 décim.² de surface et

1 centim. d'épaisseur; il y en a de trois sortes : 1^o pour être placés verticalement en face du foyer; 2^o pour être placés à 45°; 3^o horizontalement, au-dessus du poêle.

Leur valeur en eau déduite du poids du cuivre rouge, de

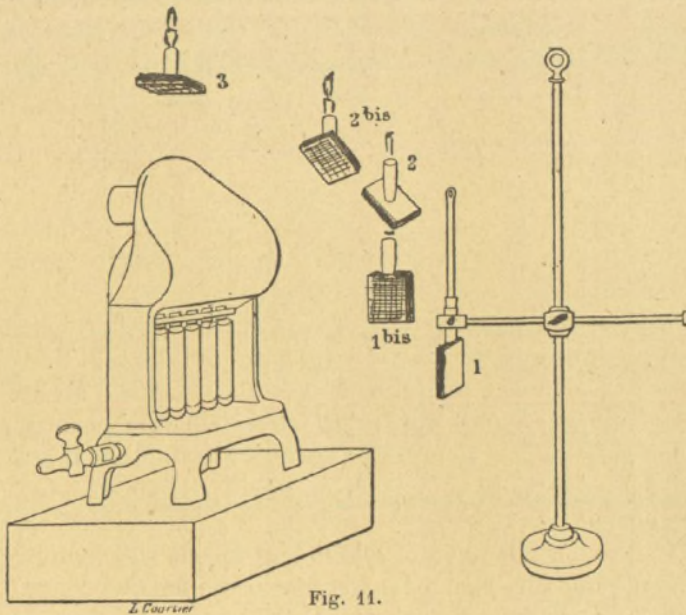


Fig. 41.

l'eau contenue et de la partie du thermomètre immergée a été trouvée de :

Nos 1 et 1 bis	Kg. 0,099
Nos 2 et 2 bis	Kg. 0,098
Nos 3 et 3 bis	Kg. 0,094

Le n^o 1 est celui qui est placé normalement au foyer, le 1 bis celui qui est placé dans le même plan horizontal que le n^o 1, mais à 45°.

La figure 41 indique du reste les calorimètres numérotés en position devant le poêle.

Pour faire une expérience calorimétrique, on note pour un nombre de minutes donné l'accroissement de température du thermomètre et par conséquent du calorimètre ; un calcul très simple indique le nombre de calories reçues par minute ou par heure par le calorimètre.

Mais, pendant cet échauffement, le calorimètre s'est refroidi d'une quantité qui est d'autant plus importante que l'excès de température est plus grand ; parallèlement, la température du local s'est elle-même élevée, et cette augmentation de température de la pièce diminue le refroidissement du calorimètre, de telle sorte que ce n'est qu'après avoir déterminé toutes ces données qu'on peut connaître la quantité de chaleur réellement gagnée par le calorimètre.

Il existe des méthodes très exactes pour la calorimétrie de précision, et pour cet objet il suffit de suivre à la lettre les enseignements donnés par M. Berthelot ; malheureusement, une expérience de calorimétrie demande beaucoup de temps, il ne faut opérer que sur un calorimètre à la fois, et il faut que l'opérateur soit en même temps un physicien adroit.

Nous avons cherché une méthode simple et suffisamment précise pour être employée par une personne quelconque, pourvu qu'elle relève bien exactement les indications des différents thermomètres au moment voulu.

Les résultats consignés sur une feuille donnent tous les éléments du calcul que l'on pourra faire plus tard.

Courbes de refroidissement.

Il est nécessaire de connaître la quantité de chaleur rayonnée par minute par un calorimètre pour les différents excès de sa température propre, par rapport à la température ambiante ; il est bien évident que cette quantité de chaleur rayonnée sera mesurée par l'abaissement de

la température du calorimètre dans l'intervalle d'une minute, par exemple.

Il suffit de verser dans le calorimètre de l'eau chaude ayant 20° environ de plus que la température de la pièce, puis de noter de minute en minute l'abaissement de la température.

Ainsi, la température de la pièce étant de 16°, 2, celle de l'eau dans le calorimètre de 34°, on notera :

0	minute	+	34°
1	—	+	33°,6
2	—	+	33°,4
3	—	+	32°,7
4	—	+	32°,3

Et il ne faudra pas moins de 140 minutes pour que la température du calorimètre atteigne 16°, 2, car si la perte de température est de 0°, 3 par minute dans le début de l'essai, elle n'est plus que de 0°, 1 en 6 minutes à la fin.

On dresse ensuite la courbe de refroidissement du calorimètre, en portant les degrés de température en ordonnées et les minutes en abscisses.

Chaque calorimètre a une courbe qui lui est propre, car il se refroidit plus ou moins suivant la manière dont s'effectue la circulation de l'air au contact de ses parois.

Pour savoir si le refroidissement est seulement fonction de l'écart de température, mais indépendant du degré relatif de cette température, nous avons relevé la courbe de refroidissement du calorimètre de + 40° à + 20° et cette courbe se superpose exactement à celle obtenue de + 34° à + 16°; on n'aura donc pas besoin de tenir compte du degré relatif de la température, mais seulement de l'excès de la température du calorimètre sur la température ambiante prise pour base.

Courbes d'échauffement.

La température d'un calorimètre exposé à une source de chaleur et relevée de minute en minute pendant 15 minutes s'élève sensiblement d'une même quantité pour la même fraction de temps, le tracé de l'expérience est une droite.

Il ne faut pas dépasser 10 à 12° au-dessus de la température ambiante pour que la méthode de calorimétrie industrielle que nous présentons garde une précision suffisante.

Calcul d'une expérience.

Dans un essai, le calorimètre n° 1 placé normalement à 0 m. 80 des tubes réfractaires d'un radiateur à 10 tubes n° 1, B, a monté en 15 minutes de + 19°,3 à + 26°,3, soit un écart total de température de + 7°.

Pendant ce même temps, la température ambiante montait de + 14°,8 à + 18°,4, soit une augmentation de + 2°,3.

Pour trouver la perte de chaleur éprouvée par le calorimètre pendant une durée de 15 minutes pour un excès de température de 7°, de même que pour trouver le gain correspondant à l'élévation de la température ambiante de 2°, 3, il est nécessaire de se reporter à la courbe de refroidissement du calorimètre, soit *fig. 12*, cette courbe dans laquelle la courbe AB indique à chaque instant l'excès de température du calorimètre sur la température ambiante, ligne OB.

La courbe AB est la même pour les calorimètres 1 et 1 bis qui sont de même forme et semblablement placés.

En un point C, qui est placé à 19°, 3 — 15°, 8 = 3°, 5 au-dessus de la ligne OB, on élèvera une perpendiculaire, et au point E, placé à 7° au-dessus, on mène une parallèle à la ligne OB qui coupe la ligne AB en un point D; la ligne

ED donne en minutes le temps qu'il aurait fallu au calorimètre pour refroidir de 7° .

L'ordonnée moyenne du triangle DEC représente l'excès moyen de température du calorimètre.

Mais comme pendant 15 minutes la température ambiante a passé de $+15^{\circ},8$ à $+18^{\circ},4$, on connaîtra par un triangle analogue le temps nécessaire au calorimètre pour descendre d'un excès de $2^{\circ},3$ à 0° , en élevant une perpen-

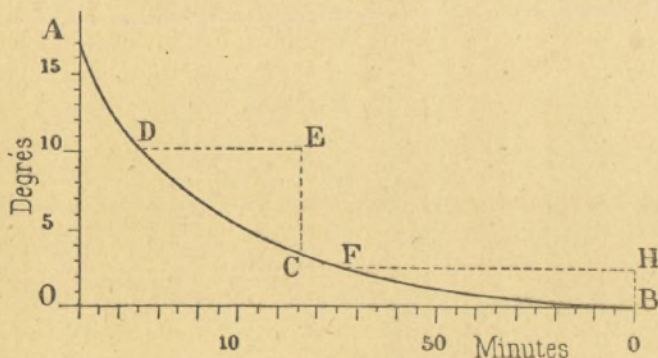


Fig. 12.

diculaire au point B, et en menant du point H placé à $2^{\circ},3$ au-dessus de la ligne OB, une parallèle à cette dernière ; la ligne FH représente en minutes le temps de refroidissement, et l'ordonnée moyenne du triangle FHB le réchauffement moyen de la pièce.

Méthode de correction de Regnault.

M. Berthelot indique de la façon suivante la méthode de correction de Regnault ; cette méthode donne des résultats exacts, mais elle oblige à tenir compte de l'excès moyen de la température par rapport à la température ambiante et, pour avoir cet excès moyen, il est nécessaire à chaque fois d'intégrer la surface de deux triangles.

On observe, ou ce qui revient au même, on mesure sur la courbe le nombre de minutes, longueur DE, qui mesure la durée du refroidissement, l'écart de température divisé par le nombre de minutes donne la perte moyenne par minute.

En intégrant le triangle DEC, on obtient l'ordonnée moyenne représentant l'excès moyen de température du calorimètre pendant l'essai.

On ajoute à cet excès la différence de température $19,3 - 15,8 = 3,5$, moins l'élévation moyenne de température de la pièce pendant l'essai, ce dernier nombre résulte de l'intégration du triangle BHF.

La perte par minute divisée par l'excès moyen de température donne la perte par minute pour 1° d'excès, soit A ce nombre.

Il suffit, comme l'indique M. Berthelot dans son traité de calorimétrie chimique : « de prendre la moyenne des températures extrêmes, relatives à cet intervalle de temps, de retrancher la température ambiante T, puis de multiplier la différence par la quantité A et par le nombre *m* de minutes compris dans l'intervalle. »

$$\text{Correction, C} = m A \left(\frac{t_n + t_o}{2} - T \right)$$

Nous donnons ci-dessous un exemple des calculs à effectuer :

Température gagnée par le calorimètre.	$26,3 - 19,3 =$	7°
Temps de refroidissement, longueur D E.		40'
Perte moyenne par minute.	$\frac{7}{40} =$	$0^{\circ},175$
Echauffement moyen du calorimètre, ordonnée moyenne du triangle D E C.		$3^{\circ},85$
Echauffement moyen de la pièce, ordonnée du triangle B H F		$1^{\circ},22$
Excès de l'origine sur la température ambiante :		
	$19,3 - 15,8 = 3^{\circ},5 - 1^{\circ},22. . . =$	$2^{\circ},28$

Excès moyen de température du calorimètre :

$$3^{\circ},85 + 2^{\circ},28. = 6^{\circ},13$$

Perte par minute pour 1° d'excès : $A = \frac{0,175}{6,13} . . . = 0^{\circ},0286$

Durée de l'essai $m = 15$ min.

$$\frac{t_n + t_o}{2} = 22^{\circ},8 \quad T = 15,8 + 1,22 = 17^{\circ},02$$

Correction à ajouter : $15 \times 0,0286 \times (22,8 - 17,02) = 2^{\circ},47$

Calories reçues par le calorimètre :

$$\frac{(7^{\circ} + 2^{\circ},47) \times 60 \times 0,099}{15} = 3,75 \text{ cal.}$$

Cette méthode de correction est très précise, mais elle occasionne une grande perte de temps à cause des nombreux calculs à effectuer; or, dans la calorimétrie industrielle, on n'a pas besoin d'une méthode offrant plus de précision que l'expérience elle-même n'en comporte, et les causes d'erreur par observation peuvent atteindre facilement 5 % répartis : sur l'échauffement inégal des calorimètres, sur quelques secondes dans l'observation de temps, sur des courants d'air provoqués dans la pièce, close elle-même, par le déplacement des observateurs; nous avons donc effectué les calculs de la manière suivante, qu'on pourra toujours suivre dans tous les cas où l'écart de la température ne dépassera pas 10° :

Température gagnée par le calorimètre. . . + 7°

Temps de refroidissement. 40 minutes.

Durée de l'expérience. 15 minutes.

Valeur du refroidissement $\frac{7^{\circ} \times 15}{40} = 2^{\circ},622$

Température gagnée par la pièce. 2°3

Temps de refroidissement. 74 minutes.

Valeur de l'échauffement $\frac{2,3 \times 15}{74} = 0^{\circ},466$

Correction à ajouter : $2^{\circ},622 - 0^{\circ},466 . . . = 2^{\circ},156$

Calories reçues par le calorimètre :

$$\frac{(7^{\circ} + 2^{\circ},156) \times 60 \times 0,099}{15} . . . = 3,63 \text{ cal.}$$

Ce résultat diffère seulement de 3 % en moins avec le résultat précédent, on peut donc admettre cette manière de calculer, et c'est celle que nous avons employée dans nos déterminations.

Analyse de l'air.

Vapeur d'eau. — Nous avons mesuré la vapeur d'eau en nous servant de l'hygromètre et du thermomètre, d'après la méthode indiquée par MM. Coindet et Marchal dans leur intéressant mémoire de la ventilation par le gaz en 1889.

Soit, par exemple, l'essai dont nous avons tiré notre exemple calorimétrique ; à 4 heures on relevait les indications suivantes :

Baromètre	millim.	764
Thermomètre.		15,8
Poids d'eau, par interpolation, pour 15°,8 :		
$12,83 + \left(\frac{0,7 \times 8}{10}\right)$		= gr. 13,39
Hygromètre 65°.		41,42
Poids d'eau par m. ³ :		
$13,39 \times 0,4142 \times \left(\frac{764}{760}\right)$		5,52

Table de Regnault donnant en grammes le poids de vapeur d'eau contenu dans 1 m.³ d'air à 760 mm.

TEMPÉ- RATURE	POIDS	TEMPÉ- RATURE	POIDS	TEMPÉ- RATURE	POIDS	TEMPÉ- RATURE	POIDS
0	5,20	9	9,04	18	15,13	27	24,46
1	5,57	10	9,50	19	15,92	28	25,76
2	5,96	11	10,08	20	16,78	29	27,11
3	6,37	12	10,66	21	17,70	30	28,51
4	6,80	13	11,33	22	18,62	31	30,14
5	7,23	14	12,08	23	19,67	32	31,80
6	7,66	15	12,83	24	20,84	33	33,50
7	8,10	16	13,53	25	22,01	34	35,25
8	8,56	17	14,35	26	23,21	35	37,00

Table de Gay-Lussac donnant le degré de saturation de l'air par rapport aux degrés de l'hygromètre.

DEGRÉS	SATURATION	DEGRÉS	SATURATION	DEGRÉS	SATURATION	DEGRÉS	SATURATION
1	0,45	26	12,53	51	28,58	76	55,25
2	0,90	27	13,14	52	29,38	77	56,24
3	1,35	28	13,69	53	30,17	78	58,24
4	1,80	29	14,23	54	30,97	79	59,73
5	2,25	30	14,78	55	31,76	80	61,22
6	2,71	31	15,36	56	32,66	81	62,89
7	3,18	32	15,94	57	33,57	82	64,57
8	3,64	33	16,52	58	34,47	83	66,24
9	4,10	34	17,10	59	35,37	84	67,92
10	4,57	35	17,63	60	36,28	85	69,59
11	5,05	36	18,30	61	37,31	86	71,49
12	5,52	37	18,92	62	38,34	87	73,39
13	6,00	38	19,54	63	39,36	88	75,29
14	6,48	39	20,16	64	40,39	89	77,19
15	6,96	40	20,78	65	41,42	90	79,09
16	7,46	41	21,43	66	42,58	91	81,09
17	7,95	42	22,12	67	43,73	92	83,08
18	8,45	43	22,79	68	44,89	93	85,08
19	8,95	44	23,46	69	46,04	94	87,07
20	9,45	45	24,16	70	47,19	95	89,06
21	9,97	46	24,86	71	48,51	96	91,25
22	10,49	47	25,59	72	49,82	97	93,44
23	11,01	48	26,32	73	51,14	98	95,63
24	11,53	49	27,06	74	52,45	99	97,81
25	12,05	50	27,79	75	53,76	100	100,00

Nous donnons ci-dessus, afin d'éviter les recherches au compte rendu du congrès de 1889, les deux tables dressées d'après MM. Coindet et Marchal.

Acide carbonique. — M. A. Lévy, dans son mémoire du congrès de 1900, indique la baryte comme étant le meilleur réactif à choisir pour le dosage de l'acide carbonique et rappelle, d'une façon générale, qu'après passage de l'air dans une solution de baryte titrée colorée à la phénolphtaléine, on mesure le volume d'acide carbonique absorbé par un retitrage de la baryte.

Ces indications sont suffisantes pour un chimiste, mais pour quelqu'un qui n'a pas l'habitude de ces sortes d'essais il est nécessaire d'entrer dans plus de détails.

Nous nous sommes adressé à notre collègue, M. Desvignes, ingénieur du groupe P. Mallet, ancien élève de l'École de physique et de chimie, et nous sommes heureux de lui adresser ici nos affectueux remerciements pour les renseignements qu'il a bien voulu nous donner.

On se procurera de l'eau distillée qu'on filtrera et fera ensuite bouillir pour l'employer aussitôt froide avant qu'elle ait pu absorber l'acide carbonique de l'air.

On préparera l'eau de baryte en éteignant dans 1 litre d'eau distillée 20 grammes environ de baryte caustique pure; l'attaque se fait avec effervescence, comme s'il s'agissait de chaux, et on obtient un lait de baryte; après repos on filtre et, à l'eau de baryte ainsi obtenue, on ajoute une ou deux gouttes d'une solution de 1 gramme de phtaléine du phénol dans 50 centim.³ d'alcool dénaturé ordinaire.

La coloration doit être d'un rose bien net, le liquide bien clair, la coloration s'affaiblit à la longue sous l'influence de la lumière, mais elle redevient très visible en présence de l'acide oxalique.

On prépare ensuite avec la même eau distillée bouillie une solution d'acide oxalique cristallisé $C^2H^2O^2 + 2 H^2O$, telle que 1 centim.³ de la solution corresponde exactement à 1 centim.³ d'acide carbonique, la solution d'acide oxalique devra donc contenir par litre exactement 5 gr. 6314 d'acide oxalique cristallisé.

Mais comme on aura rarement à sa disposition une balance assez sensible pour peser exactement, on prendra 6 grammes juste qu'on dissoudra dans 1.065 gr. 45 d'eau distillée et la solution aura le même titre.

Voici le détail d'un essai :

On verse dans une éprouvette graduée de 75 à 100 centim.³, 25 centim.³ de solution de baryte colorée et on place l'éprouvette au-dessous d'une burette de Mohr, donnant le 1/10 de centim.³ remplie de solution oxalique, et on fait couler goutte à goutte l'acide dans la baryte.

Il se produit dès le début un précipité abondant dont on ne s'occupe pas, et quand une certaine quantité d'acide a déjà été ajoutée, 23 centim.³ par exemple, il se forme une couche de liquide incolore à la partie supérieure; à ce moment la décoloration est presque obtenue, on agite avec un agitateur, la coloration rose très pâle reparait dans tout le liquide et on recommence de verser le liquide goutte à goutte avec précaution car la décoloration se produit d'une façon brusque sitôt la baryte neutralisée.

Soit 28 centim.³ d'acide oxalique la quantité nécessaire

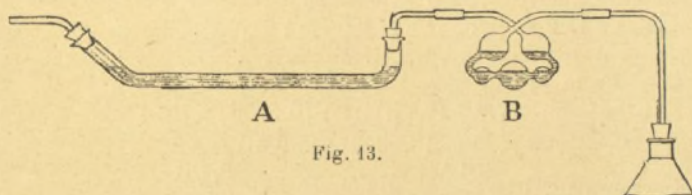


Fig. 13.

pour neutraliser 25 centim.³ de baryte, on saura que chaque centim.³ d'acide oxalique qu'il faudra en moins aura été remplacé par 1 centim.³ d'acide carbonique.

Dosage de l'air normal, fenêtre ouverte :	
Baromètre 764 mm. T. de l'eau de l'aspirateur	11°
Quantité d'eau écoulée de l'aspirateur, l.	10
Volume d'eau de baryte extraite du tube laveur A et du tube Liebig B (fig. 13), cm. ³	54
Volume d'acide nécessaire pour neutraliser	
$\frac{54 \times 28}{25}$	= 60,5
Volume d'acide trouvé par expérience.	56,1
Volume de CO ² absorbé par la baryte : 60,5 — 56,1 =	4,4
Volume réellement aspiré :	
Dépression 9,5 cm. d'eau = mercure, millim.	7,2
Tension de la vapeur d'eau à 11°.	9,8
$V = \frac{401 \times (764 - [7,2 + 9,8]) \times (1 + [0,00367 \times 15])}{760 \times (1 + [0,00367 \times 11])}$	= 9,980 lit.
Proportion de CO ² $\frac{4,4}{9,980} =$	0,000441 ou $\frac{4,41}{10.000}$

Au bout de trois heures de marche avec radiateur n° 1 B, la porte et la fenêtre fermées, le tablier de la cheminée baissé, le radiateur fonctionnant sans tuyaux d'échappement, trois personnes dans la pièce, consommation du poêle, 650 litres à l'heure :

Baromètre 765 millim. T de l'eau de l'aspirateur.	20°,2
Volume d'eau de baryte extrait des tubes, cm. ³	55,0
Volume d'acide oxalique nécessaire pour neutraliser	
$\frac{55 \times 28}{25}$	= 61,6
Volume d'acide trouvé par expérience.	53,5
Volume de CO ² absorbé par la baryte : 61,6 — 53,5 =	8,1
Dépression mercure millim.	7,2
Tension de la vapeur d'eau à 20°,2.	17,6
$V = \frac{101 \times (765 - [7,2 + 17,6]) \times (1 + [0,00367 \times 15^\circ])}{760 \times (1 + [0,00367 \times 20,2])} =$	9,570 l.
Proportion de CO ² $\frac{8,1}{9,570} = 0,000845$ ou $\frac{8,45}{10.000}$.	

On voit que l'augmentation d'acide carbonique dans la pièce a été de $\frac{4}{10.000}$ environ pour trois heures et une quantité de gaz brûlé de 1.950 litres.

A l'acide carbonique produit par le gaz s'est ajouté celui produit par la respiration de trois personnes; or, d'après M. N. Gréhant, un homme normalement constitué émet environ 1 gramme de CO² par minute.

Si on tient compte du volume CO² produit par le poêle et du volume produit par les personnes, on voit que le rapport de ces deux volumes est de 2 kilogr. 590 pour le poêle et 0 kilogr. 540 pour les personnes, le total $\frac{4,04}{10.000}$ d'augmentation de CO² se répartit ainsi : $\frac{3,34}{10.000}$ pour le poêle et $\frac{0,70}{10.000}$ pour les personnes.

Les prises d'essais ont été effectuées à 1 m. 10 de terre, soit à la hauteur du visage d'une personne assise.

Oxyde de carbone. — Nous avons utilisé pour la recherche du CO le procédé de M. Niclou, maître de conférences de M. Gréhant, au Muséum d'histoire naturelle, exposé pour la première fois, au congrès international du gaz en 1900, par M. A. Lévy.

Poursuivant le même but, nous avons cherché à simplifier suffisamment le procédé pour qu'un contre-maître puisse procéder à la recherche de l'oxyde de carbone et même en connaître à peu près la proportion.

L'appareil installé se compose (fig. 14) d'un premier tube A, rempli de ponce humectée de lessive de potasse à 46° Baumé pour retenir l'eau et l'acide carbonique, d'un second tube B, rempli de ponce humectée d'acide sulfurique pur bouilli pour arrêter la vapeur d'eau et les hydrocarbures qui auraient pu échapper à la combustion du gaz, acétylène et éthylène.

Un tube en U semblable au précédent C, et rempli à moitié de cristaux d'acide iodique anhydre, plonge dans un récipient D, dans lequel est de l'huile, de l'huile à graisser pour moteur par exemple, un thermomètre T, plongé dans l'huile, permet de chauffer le système à une température de 450°; enfin un laveur de Cloëz E, dans lequel on a introduit une solution de soude caustique à 2 % dans l'eau distillée est reliée à l'aspirateur de 40 litres F.

M. A. Lévy nous a indiqué la réaction : l'oxyde de car-

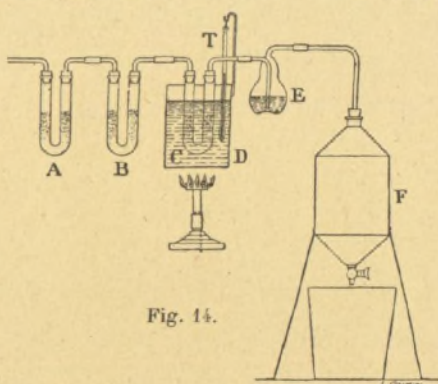


Fig. 14.

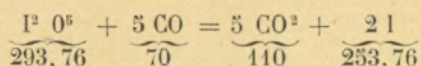
bone, en traversant l'acide iodique chauffé à 150°, s'empare d'oxygène pour former de l'acide carbonique, et l'iode mis en liberté à l'état de vapeur va se condenser dans la solution de soude du laveur Cloëz en formant de l'iodure de sodium.

Par une autre opération on met ensuite cet iode en liberté.

De toutes les opérations chimiques, les plus faciles à réaliser sont celles où les réactifs sont titrés et où le commencement ou la fin de l'expérience sont indiqués par une coloration ou une décoloration, c'est aussi ce que nous avons fait pour l'oxyde de carbone, en établissant un colorimètre avec des tubes à essais, chaque tube indiquant

$\frac{1}{5.000}$, $\frac{1}{10.000}$ d'oxyde de carbone.

La formule :



indique que 70 grammes ou 55,8 litres de CO mettent en liberté 253,76 grammes d'iode qui en se combinant avec de la potasse feront 331,98 grammes d'iodure de potassium;

donc un litre d'oxyde de carbone vaut $\frac{331,98}{55,8} = 5,95$ gr.

d'iodure de potassium.

On dissout ce poids dans 100 centim.³ d'eau distillée et chaque centim.³ de solution vaut 10 centim.³ d'oxyde de carbone, soit, par rapport aux 10 litres de l'aspirateur

$\frac{10}{10.000} = \frac{1}{1.000}$; en versant 10 centim.³ de cette so-

lution dans 100 centim.³ un prélèvement de 10 centim.³ contiendra 0,00595 gr. de KI, soit 1 centim.³ de CO et par

rapport aux 10 litres de l'aspirateur $\frac{1}{10.000}$ de CO.

On préparera une solution d'azotite de soude : 10 grammes dans 100 grammes d'eau distillée et une solution de 10 grammes d'acide sulfurique pur dans 100 grammes d'eau distillée.

Dans un tube à essai on versera 10 centim.³ de la solution d'iodure de potassium à $\frac{0,0595}{100}$, puis on ajoutera 3 à 4 centim.³ de la solution d'azotite de soude, puis 3 à 4 centim.³ de l'acide sulfurique étendu. Le liquide deviendra jaune, et il se dégagera des vapeurs d'acide hypo-azotique; on ajoutera alors, en le dosant soigneusement, 5 centim.³ de sulfure de carbone, et en le bouchant avec le doigt on agitera bien le tube.

L'iode mis en liberté se dissout dans le sulfure de carbone qui prend une belle coloration violette et se rassemble au fond du tube, il faut agiter jusqu'à ce que l'eau qui surnage soit devenue bien claire et blanche.

Mettre un doigtier en caoutchouc pour fermer le tube avec le doigt quand on agite, l'acide hypo-azotique à l'état naissant attaquant vivement la peau. Quand on débouche le tube, se méfier du jet de vapeur.

On bouchera ce tube qui contient autant d'iode que peut en mettre en liberté 1 centim.³ de CO, et comme on opère chaque fois sur 10 litres, contenance de l'aspirateur, on l'étiquettera $\frac{1}{40.000}$.

En prenant 10 centim.³ de la bouteille type $\frac{0,0595}{100}$, en allongeant de 10 centim.³ d'eau et en prenant 10 centim.³ de cette nouvelle solution, on réalisera le tube $\frac{1}{20.000}$, mais il faut toujours doser soigneusement les 5 centim.³ de sulfure de carbone pour garder la valeur des colorations.

Une fois qu'on aura créé son colorimètre on n'aura qu'à approcher le tube résultant d'un essai pour voir

approximativement la proportion de CO existant dans l'air de la pièce.

Pour faire l'essai :

Peser 10 grammes d'azotite de potasse dans 100 centim.³ d'eau, et, comme précédemment, 10 grammes d'acide sulfurique dans 100 grammes d'eau.

Placer dans le barboteur de Cloëz 15 centim.³ de solution de soude à $\frac{2}{100}$, allumer le brûleur sous le bain d'huile et chauffer jusqu'à ce que le thermomètre indique 150°.

A ce moment ouvrir très peu le robinet de l'aspirateur, et l'air commencera à circuler dans l'appareil. Il faut que l'air circule lentement, nous avons toujours mis entre vingt-cinq minutes et une demi-heure pour faire écouler les 10 litres d'eau.

Retirer le laveur de Cloëz, le vider dans l'éprouvette, ajouter 3 à 4 centim.³ d'azotite de potasse, 3 à 4 centim.³ d'acide sulfurique au $\frac{1}{10}$ et agiter; rassembler l'iode avec 5 centim.³ de sulfure de carbone et comparer le tube au colorimètre pour connaître la proportion de CO.

Le procédé est très sensible : dans un essai, après trois heures de marche, nous avons trouvé une proportion d'oxyde de carbone qui se plaçait entre le tube $\frac{1}{70.000}$

et le tube $\frac{1}{80.000}$ et le lendemain matin on a trouvé une fuite de gaz au raccord de la lyre qui éclairait la pièce, nous ne l'avions pas sentie, mais l'appareil l'avait décelée.

Il faut éviter de fumer pendant ces expériences, car la proportion d'oxyde de carbone existant dans la fumée du tabac est suffisante pour décomposer l'acide iodique et donner une coloration très sensible au tube à essai.

Nous reviendrons là-dessus plus tard, mais nous avons

trouvé que c'était excessivement probant au point de vue de l'hygiène que de démontrer qu'on peut, dans un appareil bien compris, brûler le gaz d'une façon tellement complète qu'on produit moins d'oxyde de carbone qu'il n'en existe dans la fumée d'une cigarette.

Nous avons été aidés dans notre tâche par notre collègue M. Ymonet, directeur de la Société Chaleur et Lumière, qui a bien voulu prendre une part active et éclairée à nos travaux et mettre à notre disposition notre collègue, M. Guichard, ingénieur de la Société, qui a étudié et fait construire le matériel d'essai.

*De l'influence du mode de combustion du gaz
sur l'effet utile.*

Si on envisage un brûleur à gaz quelconque placé dans une pièce, on peut dire que toute la chaleur produite ira dans la pièce et sera utilisée pourvu que la combustion soit complète.

Dans ces conditions, le poêle idéal, comme étant le plus simple, serait le bec papillon ; on a d'ailleurs construit de semblables poêles composés d'un ou de deux becs papillons placés à l'extrémité inférieure d'un cylindre en tôle plus ou moins bien orné.

On a employé et on emploie aussi encore énormément des becs à verre munis de cheminées rouges, des becs-bougies, d'autres dispositifs encore ; tous ces poêles donnent immédiatement de l'air chaud qui, guidé par le cylindre-enveloppe, va s'épanouir au plafond et n'échauffe les parties basses de la pièce qu'au bout d'un temps très long.

Ainsi que l'a très bien dit M. A. Lévy au congrès de 1900, en parlant des poêles à gaz : « C'est la chaleur rayonnée qui pourra donner seule le chauffage immédiat dès l'allumage. »

Sur ce principe on a construit et l'on construit toujours

de très bons appareils avec boules en terre ou encore avec plaque réfractaire et mèches d'amiante.

Le reproche qu'on peut faire à ces appareils c'est d'avoir une masse très importante à chauffer, qui ne peut être portée à un degré de température assez élevé pour donner rapidement naissance aux radiations calorifiques, sans compter que le grand développement de la masse réfractaire permet le dépôt de poussières qui occasionnent de la mauvaise odeur à l'allumage.

Nous ne nous étendons pas sur la description du radiateur à gaz de la Société Chaleur et Lumière, M. Lichtfousse en ayant fait, au congrès de 1904, une description très claire et en ayant décrit très minutieusement le fonctionnement.

Nous rappellerons que le radiateur est composé, en principe, par un brûleur à gaz formé de deux troncs de cône, celui qui débouche à l'extérieur est convergent et reçoit le gaz d'un éjecteur à un trou; à la suite de ce cône est un cône divergent qui est prolongé par une chambre de mélange munie d'un tamiseur pour assurer l'intimité et le parfait mélange du gaz.

L'angle de percement du trou de l'éjecteur, la longueur et l'angle des cônes, tout a été calculé dans le triple but : d'entraîner le maximum d'air avec le minimum de pression, de mélanger intimement l'air et le gaz, et enfin faire sortir le mélange avec pression et avec une vitesse telle que la flamme ne puisse rentrer à l'intérieur, en un mot, que la vitesse de sortie de mélange soit plus grande que la vitesse de combustion.

En sortant de l'éjecteur le gaz est animé d'une très grande vitesse, il en perd une partie qu'il communique à l'air entraîné; mais comme le cône d'injection va continuellement en se rétrécissant, la vitesse de passage augmente forcément jusqu'à l'entrée du cône divergent; dans le cône divergent, la vitesse du mélange gazeux se ralentit progressivement, condition favorable pour éviter la formation des

remous qui sont des causes de perte de force vive, mais, par contre, la pression du mélange gazeux augmente, et cela en proportion avec la diminution de vitesse; c'est grâce à cette diminution de vitesse et à cette augmentation de pression que le mélange gazeux traverse le tamiseur sans chocs ni remous pour brûler ensuite tranquillement dans les tubes réfractaires.

L'aspect de la flamme ainsi que les analyses du mélange gazeux démontrent que la flamme est très légèrement réductrice, presque self-combustible, il ne lui manque plus qu'un peu d'air qu'elle puise dans l'atmosphère à travers les tubes réfractaires qui deviennent ainsi le siège d'une combustion très intense.

On peut brûler le gaz de quatre manières différentes :

A flamme libre éclairante;

A flamme Bunsen ;

Avec des manchons incandescents de thorium ;

Avec des tubes réfractaires.

Nous avons réalisé ces expériences sur un petit poêle O D à 3 tubes avec porte-bouillotte ; nous donnons le résultat de chaque expérience ainsi que les calories reçues par heure par les 3 calorimètres placés comme il est indiqué figure 11.

Le volume du laboratoire est de 70 m.³ 680, avec une cheminée à tablier baissé, une fenêtre et deux portes fermées.

On ne sortait ni ne rentrait dans le laboratoire pendant la durée d'un essai.

Les thermomètres étaient placés à 1 m. 70 du sol en deux points de la salle.

Avant de commencer les essais on s'assure que l'hygromètre est juste en projetant l'haleine à l'intérieur, le souffle étant saturé d'humidité, l'aiguille doit indiquer 100°.

Le tableau de la page 86 donne tous les résultats de l'expérience.

Essai du Radiateur N° OD

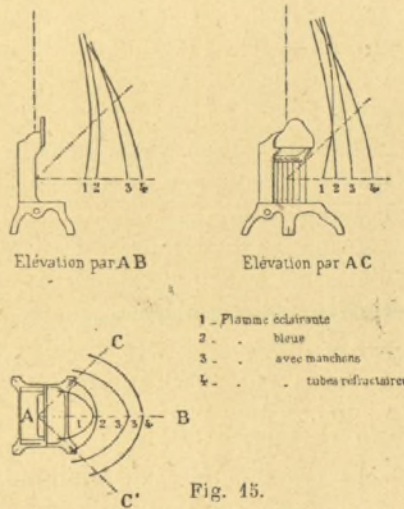
	FLAMME ÉCLAIRANTE 440 L. A. L'HEURE		FLAMME BLEUE 425 L. A. L'HEURE		AVEC 5 MANCHONS 425 L. A. L'HEURE		AVEC 5 TUBES RÉFRACTAIRES 425 L. A. L'HEURE	
	5 h. 16	5 h. 46	6 heures	6 h. 30	3 h. 55	4 h. 25	6 h. 39	7 h. 9
Hygromètre.....	70,5	80	71,5	79	74,5	81	66	78
Baromètre.....	759	759	759	759	759	759	759	759
Poids d'eau par m. ³ d'air.....	6,7	9,8	6,9	9,95	7,15	10,02	6,0	10,1
Augmentation par m. ³	3,8	5,1	3,9	5,05	4,4	5,3	4,5	4,4
Acide carbonique en.....	3,8	5,1	3,9	5,6	4,4	5,3	4,5	6,3
Augmentation en.....	1,3	1,3	1,7	1,7	1,2	1,2	1,2	1,8
Température extérieure.....	42,9	42,8	42,8	41,8	43,4	43,0	41,6	41,3
Température intérieure.....	46,7	49,2	46,5	49,7	46,0	49,6	46,7	20,6
Augmentation en 1/2 heure.....	2,5	2,5	3,2	3,2	3,6	3,6	3,9	3,9
Volume de gaz brûlé pour gagner 1° par m. ³ d'air.....	1,245	1,245	1,245	0,940	1,245	0,855	1,245	0,775
Chaleur reçue en 15 minutes :								
Calorimètre N° 1.....	17,8 à 22,3	0,508	17,0 à 21,7	0,613	16,4 à 24,0	0,926	20,3 à 29,0	4,062
Calorimètre N° 1 bis.....	17,2 à 20,6	0,345	17,0 à 20,2	0,483	16,0 à 21,3	0,483	19,3 à 26,1	0,851
Calorimètre N° 2.....	17,8 à 24,7	0,800	16,5 à 23,6	0,900	16,7 à 25,9	1,100	20,8 à 30,0	4,175
Calorimètre N° 2 bis.....	17,4 à 22,7	0,626	16,8 à 21,5	0,625	16,8 à 22,9	0,836	19,8 à 27,9	4,000
Calorimètre N° 3.....	32,8	6,250	37,0	16,75	39,2	9,650	39,0	1,575
Chaleur reçue par les calorimètres N°s 1, 1 bis, 2 et 2 bis.....	90	403	438	461	438	461	461	461
Chaleur développée par le gaz.....	2.340	2.260	2.260	2.260	2.260	2.260	2.260	2.260
Rayonnement en.....	3,84	4,56	6,11	7,12	6,11	7,12	7,12	7,12

Nous avons photométré les poêles pour nous rendre compte de la relation qui pouvait exister entre les radiations lumineuses et les radiations calorifiques :

La flamme bleue donnait	0 cal.
— éclairante	4,4 —
— avec manchons	36,0 —
— avec tubes réfractaires	0,06 —

La figure 15 indique par une courbe spéciale pour chaque mode de combustion du gaz l'intensité du rayonnement dans chaque direction, de face, à 45° et en plan.

Si on calcule la chaleur rayonnée d'après la chaleur reçue pendant les 15 premières minutes d'allumage, pour les calorimètres de face et de côté, c'est-à-dire la chaleur rayonnée dans l'angle de 90° C'AC (fig. 15) — nous avons dit que c'est la seule qui chauffe immédiatement le local — on obtient pour l'heure les résultats suivants :



Flamme éclairante	90 cal.
— bleue	103 —
— à manchons	438 —
Tubes réfractaires	161 —

Le tableau de la page 86 indique que le rayonnement va en augmentant de 3,84 à 7,42 %.

D'autre part, si on prend comme critérium le volume de gaz brûlé pour élever 1 m.³ d'air du local de 1°, on voit que le volume de gaz décroît au fur-et à mesure que le rayonnement horizontal et latéral augmente :

Flamme éclairante	lit.	4,245
— bleue		0,940
— à manchons		0,835
Tubes réfractaires		0,775

Ainsi, pendant que le rayonnement passe de 3,84 à 7,12, soit de 0,536 à 1, la quantité de gaz exigée pour élever 1 m.³ d'air de 1° passe de 1 à 0,622, soit, en sens inverse, presque le même rapport.

La consommation du poêle ayant été la même dans tous les cas, l'économie s'est traduite par une augmentation de la température.

Nous ne pouvions trouver d'expérience plus propre à mettre en valeur les qualités du radiateur de la Société Chaleur et Lumière, et cela sans faire des expériences sur d'autres systèmes de poêle, ce qui aurait fait perdre à notre communication son caractère purement technique.

Le radiateur à gaz de la Société Chaleur et Lumière est en somme la réalisation industrielle du principe scientifique posé par M. Vautier dans son discours d'ouverture du congrès international de 1900, c'est bien la juxtaposition d'un nombre plus ou moins grand de becs à incandescence sans verre, mais avec ce perfectionnement que le manchon est spécialement étudié pour transformer la chaleur de la flamme en radiations calorifiques, et non en radiations lumineuses. On peut bien dire que le problème est résolu en voyant élever de 4° en une demi-heure la température d'une salle de 70 m.³ pour une dépense de 210 litres de gaz.

Rendement de divers radiateurs à gaz.

Nous donnons ici le rendement d'un radiateur calculé d'après la méthode que nous avons exposée plus haut et d'après la méthode de M. Hart (Compagnie Parisienne du Gaz). Les résultats sont sensiblement les mêmes, mais notre manière de faire est plus expéditive, puisqu'il faut seulement une demi-heure pour faire un essai au lieu de deux heures par la méthode de la Compagnie Parisienne.

Les autres essais sont effectués d'après notre méthode avec calorimètres noircis à la fumée de benzine, placés à 0 m. 50 et 0 m. 80 du foyer suivant la force du foyer, afin de ne pas avoir d'échauffement exagéré.

Essai du Radiateur OL, 5 tubes, volet baissé.

		5 h. 40	5 h. 40
Dépense horaire.....	lit...	360	»
Température extérieure.....	degr.	13,5	12,0
Température intérieure.....	degr.	15,8	17,5
Augmentation.....	degr.	»	1,7
Baromètre.....	m/m.	756	756,2
Hygromètre.....	$\frac{1}{100}$..	70,3	78
Poids d'eau par m. ³ d'air.....	gr...	6,4	8,4
Volume de gaz à brûler pour élever 1 m. ³ de 1°.....	lit...	»	4,4

Calcul de la chaleur rayonnée. — Méthode du présent mémoire.

En une demi-heure le calorimètre n° 1 a monté de.	15,8 à 36,8
Augmentation de température du calo- rimètre	36,8 — 15,8 = 21
Refroidissement à ajouter, d'après la courbe	$\frac{21 \times 30}{143} = 4,4$

Echauffement de la pièce à déduire,	
d'après la courbe.	$\frac{0,85 \times 30}{45} = 0,565$
Correction.	$4,4 - 0,565 = 3,835$
Chaleur reçue par heure par le calorimètre: $(24 + 3,835) \times 2 + 0,099 = \text{cal.}$	4,92
Calories reçues en 1 heure par la demi-sphère de d D = 500 millim.	$4,92 \times 39,4 = 194$
Calories produites par la combustion du gaz	1.900
Valeur du rayonnement en %	$\frac{194}{1.900} = 10,2$

Méthode de la Compagnie Parisienne du Gaz.

A 7 heures, le calorimètre marquait 48°,3 et ne gagnait plus, à 7 h. 40, étant caché du foyer par un écran, il marquait 39,8.	
Degrés perdus par heure.	$(48,3 - 39,8) \times 6 = 51$
Calories reçues par heure	$51 \times 0,099 = 5,04$
— — par la demi-sphère	
D = 500.	$5,04 \times 39,4 = 199$
— produites par le gaz.	1.900
Valeur du rayonnement %/°.	$\frac{199}{1.900} = 10,5$

Note sur la chaleur rayonnée.

Comme on le voit dans les nombreux résultats d'essais que nous donnons, la chaleur rayonnée oscille entre 10 à 12 % de la chaleur totale développée par la combustion du gaz; il faut encore remarquer que ces mesures sont prises 5 minutes après l'allumage.

C'est un beau résultat pour des poêles qui consomment de 300 à 700 litres de gaz à l'heure; d'après M. A. Lévy (Congrès de 1900) les poêles de la Compagnie Parisienne rayonneraient 11,5 à 13 % pour des appareils consommant 1.150 et 1.200 litres; en outre, cette valeur n'est obtenue qu'au bout de 2 heures d'allumage et non pas dans les 5 premières minutes.

Le poêle le plus avantageux est celui qui rayonne le plus rapidement possible la plus grande proportion de la chaleur développée par la combustion.

Sur les mêmes principes que les radiateurs de 300 et 600 litres,

la Société Française de Chaleur et Lumière étudie des radiateurs de 1.200 litres dans lesquels les essais font prévoir un rayonnement de 18 à 20 %.

Essai du Radiateur 1 B, 10 tubes.

	4 h.	4 h. 30	5 h.	5 h. 30	6 h.	7 h.
Consommation ho- raire lit...	650	»	»	»	»	»
Hygromètre $\frac{1}{100}$...	65	74	77	77	80	81
Baromètre m/m.	764	764	764,5	764,5	765	765
Poids d'eau par m. ³ d'air gr...	5,55	9,05	10,40	10,80	12,50	13,65
Augmentation gr...	»	3,50	4,85	5,25	6,95	8,10
Acide carbonique. $\frac{1}{10000}$...	4,5	5,6	»	»	8,1	8,9
Augmentation $\frac{1}{10000}$...	»	1,1	»	»	3,6	4,4
Température exté- rieure degr.	10	10	9,5	9,5	9,3	9,0
Température inté- rieure degr.	15,8	20,4	21,6	22,6	23,5	24,8
Augmentation degr.	»	4,6	5,8	6,8	7,7	9,0
Volume de gaz brû- lé pour élever 1 m. ³ d'air de 1°.. lit...	»	1	1,58	2,03	2,39	3,07

Chaleur reçue en 15 minutes par le :

	Calorimètre n° 1	19,3 à 26,3 = 0,815
—	—	n° 1 bis 18,5 à 25,0 = 0,770
—	—	n° 2 19,6 à 27,0 = 0,900
—	—	n° 2 bis 18,4 à 25,4 = 0,850
—	—	n° 3 16,8 à 22,6 = 0,650

Chaleur reçue en 1 heure par les calori-

mètres 1, 1 bis, 2 et 2 bis, calories. 3,345

Chaleur reçue par la demi-sphère de dia-
mètre D = 800 millim. (distance des

calorimètres), calories. $3,345 \times 100,5 = 336$

Chaleur développée par la combustion du
gaz, calories. 3.450

Rayonnement en % $\frac{336}{3.450} = 9,7$

L'acide carbonique augmente dans la pièce en même

temps que la vapeur d'eau, mais dans une proportion qui semble être 1/10.000^e pour 2 grammes de vapeur d'eau.

Essai du Radiateur 1 C, 10 tubes.

	SANS TUYAU DE TIRAGE		AVEC TUYAU DE TIRAGE	
	3 h. 30	4 h.	1 h. 30	2 h.
Consommation horaire..... lit...	670	»	730	»
Hygromètre $\frac{1}{100}$..	70,5	79	68	71
Baromètre..... m/m.	756,7	757,5	758	758
Poids d'eau par m. ³ gr...	6,15	9,70	6,1	8
Augmentation..... gr...	»	3,55	»	1,9
Température extérieure..... degr.	13,5	13,5	11,7	11,5
Température intérieure..... degr.	15,0	19,5	16	20,1
Augmentation..... degr.	»	4,5	»	4,1
Acide carbonique en..... $\frac{1}{10000}$.	3,8	6,2	3,9	4,3
Augmentation..... $\frac{1}{10000}$.	»	2,4	»	0,4
Volume de gaz brûlé pour élever 1 m. ³ d'air de 1°..... lit...	»	1,05	»	1,26
Calories rayonnées par heure.....	346		384	
Calories développées par le gaz.....	3.550		3.870	
Proportion en..... %/o...	9,75		9,9	

Essai du Radiateur 1 B, 10 tubes.

	SANS TUYAU DE TIRAGE		AVEC TUYAU DE TIRAGE	
	6 h. 25	6 h. 55	5 h. 20	5 h. 50
Consommation horaire..... lit...	700	»	700	»
Hygromètre $\frac{1}{100}$..	84	86	86	86
Baromètre..... m/m.	749	749	749,5	749,5
Poids d'eau par m. ³ gr...	7,4	12,7	9,65	11,9
Augmentation..... gr...	»	5,3	»	2,25
Température extérieure..... degr.	12,5	12,5	13,3	12,5
Température intérieure..... degr.	16,3	21	16	20,3
Augmentation..... degr.	»	4,7	»	4,3
Volume de gaz brûlé pour élever 1 m. ³ de 1°..... lit...	»	1,05	»	1,16
Calories rayonnées par heure.....	441		394	
Calories développées par le gaz.....	3.700		3.700	
Proportion en..... 0/0..	11,9		10,6	

Il résulte de ces essais :

Que pour un local de dimension moyenne, 70 m.³ 680, les petits radiateurs à cinq tubes font monter de 3 à 4° la température de la pièce par demi-heure.

Pour les radiateurs à dix tubes la température monte de 4 à 5° pendant le même temps.

Suivant la différence de température entre l'extérieur et l'intérieur, il faut de 0 l. 7 à 1 litre de gaz par m.³ pour faire monter la température de 1° pendant la première demi-heure.

On a avantage à prendre un radiateur d'un fort débit, le rayonnement croissant avec la dépense de gaz et l'utilisation étant d'autant meilleure que le local est plus rapidement chauffé; pour maintenir la température il suffit d'éteindre la moitié du poêle et même de fermer un peu le robinet des cinq derniers tubes, le poêle n'ayant plus qu'à échauffer l'air de ventilation et à combattre le refroidissement de la pièce par le contact des murs, des portes et des fenêtres, il suffit d'une très petite dépense de gaz.

Si le chauffage au gaz est continu, on fera bien de munir le poêle d'un petit tuyau s'engageant dans la cheminée; nous avons vu que même dans ce cas la dépense de gaz n'est que de 20 % supérieure à celle du poêle sans échappement.

Dans tous les cas où le chauffage ne devra pas dépasser 3 heures à plein feu, il est inutile de monter un tuyau d'échappement, puisque l'acide carbonique augmente seulement dans la proportion de 4,5 à $\frac{8,9}{10.000}$ et la vapeur d'eau de 8 grammes, soit encore un taux éloigné de la saturation.

Examen des produits de la combustion au point de vue hygiénique.

Les gaziers sont les grands distributeurs de lumière et de chaleur; or, comme il est impossible de faire du chauf-

fage sans changer l'état de l'atmosphère des lieux habités, il peut être intéressant de savoir succinctement si les produits de la combustion du gaz sont nocifs ou indifférents, et sans prétendre faire de la physiologie nous avons cru devoir dire un mot sur l'oxyde de carbone, l'acide carbonique et la vapeur d'eau, trois gaz que nous avons appris à retrouver et à mesurer.

On nous excusera d'autant mieux de dire un mot sur ce sujet, qu'il s'est écrit des choses monstrueuses sur les poêles à gaz. N'avons-nous pas tous reçu, il y a 3 ou 4 ans, un prospectus d'un appareilleur français présentant un poêle à gaz anglais qualifié d'extraordinaire, et il l'était bien, en effet, s'il réalisait le phénomène suivant, annoncé dans le prospectus : grâce à la pièce réfractaire dont était muni ce brasero à gaz, le gaz en brûlant décomposait la vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère et celle produite par la combustion même du gaz ? L'hydrogène brûlait en développant une chaleur intense et l'oxygène se répandait dans la pièce pour vivifier et assainir l'air.

Après celle-là, il n'y a plus qu'à tirer l'échelle.

Capacité respiratoire du sang. — On sait que l'hémoglobine, ou matière colorante des globules rouges du sang, a la propriété d'absorber l'oxygène de l'air, cet oxygène est porté dans toutes les parties du corps pour servir à la combustion du carbone et de l'hydrogène provenant de l'alimentation; l'acide carbonique résultant de cette combustion est exhalé par les poumons, le sang abandonnant très rapidement l'acide carbonique en présence de l'oxygène.

On désigne, d'après M. P. Bert, sous le nom de capacité respiratoire du sang le volume d'oxygène absorbé par 100 centim.³ de sang; M. N. Gréhant, dans ses essais, a démontré que ce volume variait de 22 à 28 centim.³, on peut admettre 25 centim.³ comme moyenne.

Oxyde de carbone. — L'hémoglobine du sang a plus d'affinité pour l'oxyde de carbone que pour l'oxygène, et l'oxyde de carbone déplace l'oxygène volume à volume.

Une fois absorbé, l'oxyde de carbone s'élimine très lentement dans un air pur.

Les expériences de M. N. Gréhanl démontrent, d'une manière saisissante, la nocivité de l'oxyde de carbone.

Quand le sang, par la respiration, se trouve en présence d'un mélange faible de CO, il en absorbe un volume qui va toujours croissant, la proportion absorbée est en relation de la proportion de CO dans l'air, mais la proportion n'augmente pas avec le temps.

Ainsi, dans une atmosphère contenant $\frac{1}{5.000}$ de CO, 100 centim.³ de sang absorbent 4,9 centim.³ CO en 1 h. 1/2 de temps. Ce volume n'augmente plus ensuite, la capacité respiratoire étant 25 se trouve diminuée de $\frac{4,9}{25} = \frac{49,6}{100}$.

Dans une atmosphère contenant $\frac{1}{20.000}$ de CO, il faut près de 3 heures pour que l'absorption atteigne 1 centim.³ 53 qui diminuent la capacité respiratoire de

$$\frac{1,63}{25} = \frac{6,5}{100}$$

On peut dire, empiriquement, que l'oxyde de carbone dilué dans l'air diminue la capacité respiratoire dans une proportion 1.000 fois plus grande que celle de son mélange dans l'air.

Ainsi, la capacité respiratoire du sang étant de 1, une proportion de $\frac{1}{5.000}$ ou 0,0002 de CO diminue la capacité respiratoire de $0,0002 \times 1000 = 0,2$ ou 20 %.

Acide carbonique. — L'acide carbonique ne se combine pas avec l'hémoglobine, mais il s'accumule dans le sang et dans les tissus qu'il engorge.

Par contre, le CO^2 s'élimine très facilement par respiration d'un air pur et d'autant plus rapidement que l'air est plus pur, mais il ne diminue pas sensiblement la quantité d'oxygène existant dans l'hémoglobine du sang.

A la dose de $\frac{1}{500}$ il provoque la somnolence, c'est d'ailleurs un anesthésique, mais ne diminue pas encore fortement l'échange respiratoire.

A la dose de $\frac{1}{100}$ l'échange respiratoire est diminué de 24 %, c'est-à-dire que sur 100 volumes de CO^2 produits $\frac{24}{100}$ ne sont pas exhalés et s'accumulent dans le sang et dans les tissus.

Dans l'air vicié avec $\frac{7}{100}$ de CO^2 il y a asphyxie parce qu'à ce moment il y a égalité entre l'absorption et l'exhalaison du gaz.

Vapeur d'eau. — La vapeur d'eau n'a aucune action sur le sang, mais comme les poumons exhalent de grandes quantités de vapeur d'eau, l'échange respiratoire s'effectue d'autant moins que l'air est plus saturé d'humidité; en général l'air ne doit pas dépasser les 75 % de saturation.

De l'examen des notes qui précèdent, il résulte que le radiateur à gaz peut être considéré comme un appareil absolument hygiénique; les essais que nous avons effectués nous ont démontré que, sans tuyau d'échappement, l'acide carbonique n'a jamais dépassé $\frac{9}{10.000}$, nous n'avons jamais trouvé d'oxyde de carbone, sauf une fois $\frac{1}{80.000}$, mais cet oxyde de carbone provenait d'une fuite de gaz, l'essai du lendemain n'ayant rien donné; la vapeur d'eau n'a jamais dépassé les $\frac{65}{100}$ de la saturation.

Après avoir prouvé que le radiateur à gaz est un mode de chauffage très hygiénique, il nous reste à examiner le côté économique.

*Comparaison entre le chauffage ordinaire
et le radiateur à gaz.*

Nous avons en premier lieu la cheminée et le feu de bois si cher à nos grandes administrations; c'est un feu de luxe, car sur les 3.500 cal. développées par 1 kilogramme de bois qui coûte 9 centimes, 10 % seulement servent à chauffer la pièce, le reste monte dans la cheminée et fait de la ventilation.

Ensuite, toujours dans la cheminée, le feu de grille qui brûle le coke, les briquettes, les boulets, etc., et qui donne une meilleure utilisation.

Le combustible coke développe 6.000 cal. pour 1 kilogramme qui coûte 6 centimes, 15 % des cal. développées sont utilisées dans la pièce.

C'est la chaleur rayonnante seule qui est utilisée avec ces sortes de foyers, on ne peut donc pas réduire économiquement leur marche puisqu'en les recouvrant de cendre on fait tomber leur rendement aux environs de 0.

Maintenant, nous arrivons à la série des poêles en fonte utilisant la houille. Ces appareils ont un rendement élevé qu'on admet en général à 60 % ainsi que nous allons le vérifier.

Un kilogramme de houille pure développe 8.000 cal., mais si on déduit les cendres et les pierres, et les ménagères vous diront qu'il y en a au moins 10 %, il ne reste plus que 7.200 cal. pour 1 kilogramme de houille payé 6 c. 5 au charbonnier.

Il passe facilement dans un poêle 15 m.³ d'air par kilogramme de charbon brûlé, les produits de la combustion à 300° emportent dans la cheminée environ 20 % de la

chaleur produite, et comme on ne peut pas admettre plus de 80 % comme coefficient de transmission de chaleur des matériaux constituant le poêle, le rendement final oscille donc bien de 60 à 65 %.

Les poêles et cheminées dits mobiles n'ont pas un rendement plus élevé; outre que ces appareils mobiles ne sont hygiéniques que quand ils ne sont pas mobiles, leur succès tient plutôt à leur forme élégante et à la lenteur de leur combustion.

Le kilogramme d'antracite revient à la ménagère à 7 c. 5 soit 1 centime de plus que la houille; toutes conditions étant égales, le chauffage avec poêle mobile coûte 15 % plus cher qu'avec les poêles de fonte brûlant de la houille.

Avec le radiateur à gaz, nous avons vu que l'on peut loger dans la pièce à chauffer 100 % des cal. émises avec le poêle sans tuyau d'échappement des gaz brûlés, c'est-à-dire dans le cas des petits chauffages d'appartements et au moins 80 % dans le cas de chauffages continus avec tuyau de tirage.

On peut donc tirer des résultats qui précèdent le tableau suivant donnant le prix de revient de 1.000 cal. utiles, c'est-à-dire logées dans la pièce à chauffer.

Combustibles aux prix de Paris.

APPAREILS	COMBUSTIBLE	PRIX	RENDEMENT	1.000 cal.
		du kilogramme ou du mètre cube		UTILS coûtent
		ct ¹	%	ct ¹
Cheminée ordinaire.....	Bois.....	9,0	40	25,70
Cheminée grille.....	Coke.....	6,0	45	6,66
Poêle fonte.....	Coke.....	6,0	60	1,67
Poêle fonte.....	Houille.....	6,5	60	1,50
Poêle mobile.....	Antracite....	7,5	60	1,73
Radiateur à gaz.....	Gaz.....	30,0	100	5,45
Radiateur à gaz.....	Gaz.....	20,0	100	3,63
Radiateur à gaz avec tirage...	Gaz.....	30,0	80	6,82
Radiateur à gaz avec tirage...	Gaz.....	20,0	80	4,55

1. En centimes.

Il résulte de ce tableau qu'après la houille et le coke, c'est le gaz qui procure le chauffage le plus économique, mais il nous reste encore un argument à développer.

Si nous avons fait intervenir le temps dans nos calculs, le gaz aurait occupé la première place. Les tableaux d'essais donnés plus haut vous ont démontré avec quelle rapidité les radiateurs à gaz échauffent l'air d'une pièce, il est évident qu'avec le gaz, si l'allumette a bien voulu prendre, on a instantanément du feu, tandis que pour le poêle à charbon, il faut du papier, du bois, de la résine, tout un matériel qu'il faut échafauder savamment, en un mot tellement d'adresse qu'un dicton populaire dit qu'on connaît l'esprit au feu.

Avec le gaz, sitôt le degré de chaleur désiré obtenu, on éteint ou on modère le gaz; avec le charbon il n'y a qu'à le laisser s'éteindre et consommer en pure perte le charbon qui reste dans le poêle.

*Règle à suivre pour le choix d'un radiateur
à gaz.*

S'il s'agit de chauffer un petit salon d'attente, un cabinet de toilette, un fumoir, c'est le modèle OD qu'on devra choisir. Le modèle OL conviendra plus spécialement pour bureau, où le chauffage durera une grande partie de la journée, à cause de son tuyau d'échappement.

On trouvera l'augmentation de température de la pièce au bout d'une 1/2 heure en multipliant le volume de la pièce en m.³ par 0,8 pour le radiateur OD et par 1 pour le radiateur OL avec tuyau d'échappement, et en divisant le volume de gaz brûlé par ce produit.

Soit 320 litres à l'heure, la consommation du radiateur et 45 m.³ la capacité de la pièce.

Gaz consommé en une 1/2 heure.	$\frac{320}{2} = 160$ lit.
Élévation de température, radiateur OD. . .	$\frac{160}{45 \times 0,8} = 4^{\circ},4$
— — — — — OL. . .	$\frac{160}{45 \times 1} = 3^{\circ},65$

Le radiateur 1 B conviendra plus spécialement pour salle à manger à cause du chauffe-assiette ou porte-bouillotte, les modèles 1 B à hotte pour salon ou chambre à coucher avec tuyau d'échappement, enfin le n° 1 C pour grandes pièces à chauffage continu.

La consommation de ces poêles, suivant pression, pouvant aller de 500 à 700 litres, ces poêles peuvent chauffer jusqu'à 90 mètres cubes de capacité en ayant toujours une rapidité d'échauffement de 4 à 5° dans la première demi-heure.

On a avantage, au point de vue du rendement, à brûler beaucoup de gaz dès le début et réduire ensuite la dépense une fois la chaleur désirée obtenue. Les poêles à 10 tubes sont très avantageux sous ce rapport parce qu'on peut éteindre 5 tubes tout en laissant les 5 autres travailler à plein rendement.

Les radiateurs ne donnent jamais d'odeur si le gaz est bien épuré.

Conclusions.

En résumé, le radiateur à gaz de la Société française de Chaleur et Lumière est un excellent appareil qui permettra aux gaziers de répandre de plus en plus le chauffage par le gaz des appartements. Il n'est pas besoin d'insister sur les avantages de la consommation de jour qui diminue le prix de revient du gaz en augmentant l'utilisation du matériel et réduit l'importance des fuites de la canalisation par rapport au gaz émis.

Nous terminons ici cette étude faite consciencieusement, sans parti pris. Il existe déjà dans le commerce de bons poêles à gaz, c'est pourquoi, ne voulant désobliger personne, nous nous sommes bornés à étudier les différents modes de combustion du gaz sur le radiateur à gaz de la Société française de Chaleur et Lumière; l'expérience nous a démontré la haute supériorité du tube réfractaire perforé, sorte de manchon incandescent spécialement étudié pour émettre le maximum de radiations calorifiques sur tous les systèmes connus. Comme notre conviction résulte de l'expérience, c'est pourquoi nous avons décrit minutieusement et peut-être un peu longuement les méthodes d'essais physiques et chimiques qui ont formé notre opinion.

D'après une analyse effectuée par le docteur Ogier, chef de laboratoire de toxicologie, les essais ont donné les résultats suivants sur un poêle à gaz Kern de la Société française Chaleur et Lumière.

Les gaz ont été prélevés directement à l'orifice du tuyau donnant issue aux gaz provenant de la combustion.

Acide carbonique.....	4,56
Oxygène.....	11,47
Azote.....	83,97
Oxyde de carbone.....	00,00
Total.....	100,00

M. Hart, chef de laboratoire à la Compagnie Parisienne du Gaz a trouvé sur un appareil Clamond de la même Société, en analysant les gaz de la pièce chauffée.

Acide carbonique	0,000,45
Oxyde de carbone....	néant.

Ces résultats se passent de commentaires, et je n'en dis pas plus long à ce sujet, on pourrait m'y croire intéressé.

Mais si j'ai tenu à reproduire entièrement cette notice, c'est qu'elle offre un grand intérêt et qu'elle est susceptible d'être appliquée à la recherche du rendement calorifique de tous les appareils de chauffage au gaz, actuellement en usage, aussi bien pour ceux de la maison Kern que pour ceux construits par les maisons Auer, Engels, Chalot, Blachère Duplessi et Cie, les Fabricants Réunis, Belle-mère, Marc, Arthur Martin, la Société Anonyme des anciens établissements Glaenzer et Perreaud, etc., etc., qui donnent également d'excellents résultats.

Cette dernière maison mérite même une mention toute particulière pour sa nouvelle chaudière Bijou, d'une simplicité exceptionnelle et d'un rendement économique unique, son application qui tient un peu aussi du chauffage central devrait être préconisée dans les petits appartements de beaucoup les plus nombreux, l'installation étant *meuble* l'on peut en effet, l'enlever et la replacer à volonté.

La dernière exposition¹ qui eut lieu au Grand Palais des Champs-Élysées, à Paris, durant trois mois, fut d'ailleurs suggestive à l'égard de tous les emplois domestiques du gaz, et nul doute qu'elle ne contribue encore à généraliser l'usage pratique de ce combustible. Le magnifique stand (304) occupé par la Société du Gaz de Paris a certainement vu défiler devant lui le plus grand nombre de visiteurs, et les constructeurs qui ont contribué à son succès n'auront pas à le regretter.

En tout cas, les progrès sont toujours constants, il est facile d'en juger, et la vulgarisation des nouveaux modèles ne peut qu'en favoriser l'essor et par répercussion celui de l'industrie du gaz d'éclairage en général.

Voici reproduite in extenso une communication faite par M. Ramassot, ingénieur, sur l'application du chauf-

1. Quatrième salon des Industries du mobilier, fin juillet au 1^{er} novembre 1911. Secrétaire général : M. R. Maupas.

fage domestique par le gaz et par circulation d'eau chaude.

**Chauffage central par le Gaz par circulation d'eau chaude
Chaudière Ramassot.**

Le nouveau système de chauffage pour appartements, qui fait l'objet de la présente communication et dont M. J. Visseaux¹ s'est assuré la propriété des brevets pour la France et l'étranger, a été créé en vue de développer le chauffage central par circulation d'eau chaude en facilitant et en simplifiant son application, notamment dans les immeubles de rapport.

En effet, dans ce dernier cas, le chauffage central, effectué avec des chaudières à charbon, est une source d'incessants inconvénients par le seul fait du combustible et des poussières. Ces inconvénients sont tels qu'on abandonne souvent le chauffage d'appartement par l'eau chaude, qui est cependant le plus doux, le plus régulier et par suite le plus hygiénique.

La possibilité de la résolution d'un tel problème ne pouvait être envisagée qu'avec le gaz pour combustible.

Mais alors, on se heurtait aux conditions économiques, car les appareils à gaz employés jusqu'à ce jour n'étaient pas à même de solutionner la question d'une façon satisfaisante à plusieurs points de vue et surtout au point de vue du rendement.

La chaudière Ramassot, qui va être décrite plus loin, résout parfaitement ce problème. Elle est née, si l'on peut s'exprimer ainsi, dans les ateliers de la Compagnie du gaz de Lyon.

M. Boutan, administrateur délégué de la Compagnie, et M. d'Aubenton, ingénieur en chef, ont bien voulu s'inté-

1. M. J. Visseaux, concessionnaire exclusif, pour la France et l'étranger, des brevets Ramassot, 87-88, quai Pierre-Scize, Lyon.

resser à cette question, dès son origine, et faciliter l'inventeur en lui permettant d'effectuer tous les essais nécessaires, depuis l'appareil d'études jusqu'à la chaudière définitive, dans les usines de la rue Villeroy.

La bienveillante obligeance que M. Boutan et M. d'Aubenton ont bien voulu prodiguer à l'inventeur, en cette occasion, impose à ce dernier l'agréable devoir de leur présenter ici l'expression de sa profonde gratitude.

Une installation de chauffage comprenant quatre radiateurs et la chaudière avait été établie dans une dépendance des magasins de la Compagnie en vue de suivre très attentivement le fonctionnement des appareils mis à l'essai.

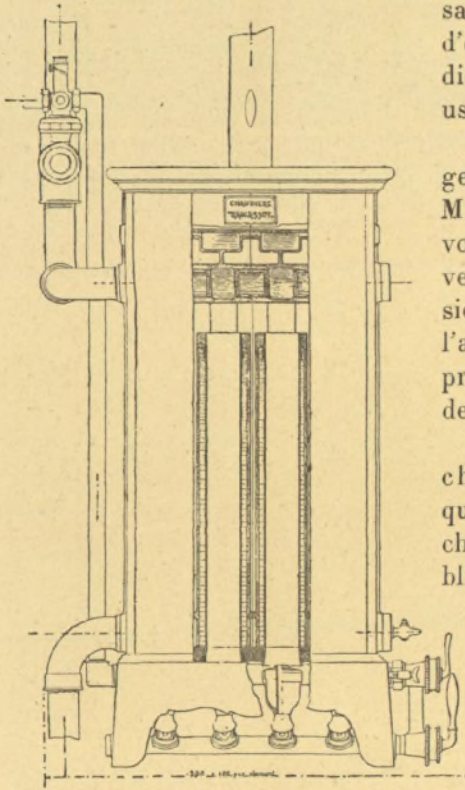


Fig. 16.

Description de la chaudière Ramassot.

La chaudière Ramassot est composée d'éléments en fonte, semblables, accouplés en nombre plus ou moins grand suivant la puissance calorifique désirée.

Les figures 16 et 17 représentent : la première une vue de face de ladite chaudière avec une coupe par-

tielle de deux de ses éléments; la deuxième, une vue de profil.

Le régulateur de température est disposé sur le tuyau de départ de l'eau chaude, comme cela se pratique habituellement.

L'assemblage des éléments entre eux s'effectue au moyen de bagues filetés droite et gauche, faisant plaquer intimement les faces préalablement dressées des éléments. On obtient donc, de ce seul fait, des joints d'eau offrant toute sécurité et des carneaux très étanches, pour la circulation des gaz chauds.

En se reportant à la figure 18 qui représente un élément de chaudière vu extérieurement et en coupe, on remarque que la superposition de deux de ces pièces a pour effet de former entre elles les carneaux dans lesquels circulent les gaz chauds de la combustion.

Le foyer proprement dit est constitué, dans chaque élément, par un tube en cuivre rouge monté à cône dans le cylindre intérieur.

Les deux extrémités de la chaudière sont fermées par des plaques de fonte nervurées.

L'ensemble ainsi formé est monté sur un socle en fonte portant la rampe des brûleurs Bunsen, les robinets nécessaires et la veilleuse pour l'allumage.

Sous chaque élément est disposé un brûleur qui lui est propre et étudié spécialement pour que son rendement reste sensiblement le même, malgré des écarts de con-

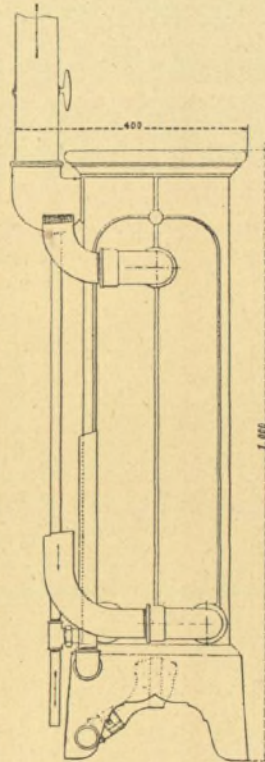


Fig. 17.

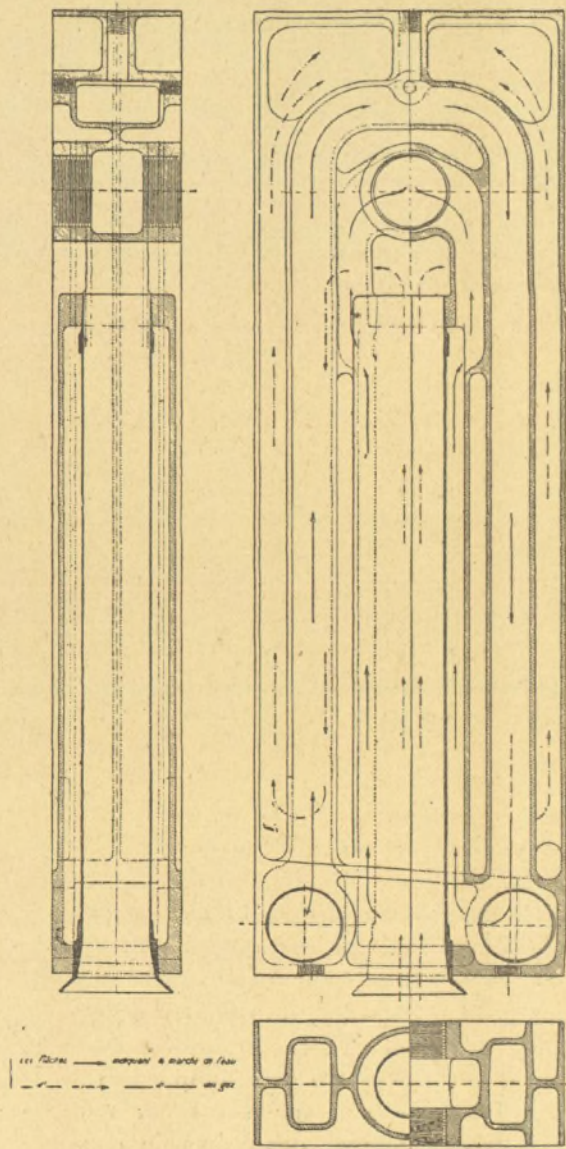


Fig. 18.

sommation variant de 150 à 1.000 litres de gaz à l'heure.

Ce brûleur Bunsen est du type Visseaux à double détente, qui permet ainsi une prise d'air progressive et un rendement maximum.

L'allumage de l'appareil s'effectue simplement en mettant le feu à la rampe veilleuse et en ouvrant le robinet qui dessert les brûleurs; la veilleuse est éteinte ensuite.

La chaudière est ornementée, *ad libitum*, au moyen de revêtements Jozz dont le style et les teintes peuvent être assortis à ceux de la pièce qui doit la recevoir.

Un spécimen de chaudière à trois éléments ainsi construite est représenté à la figure 21.

*Principes de fonctionnement de la chaudière
Ramassot.*

Si on se reporte à la figure 18 représentant un élément de chaudière et à la figure 16 qui est composée d'une demi-vue extérieure dudit élément et d'une demi-coupe suivant son axe, on suit très aisément les parcours des flammes du Bunsen et des gaz chauds, ainsi que la marche de l'eau à l'intérieur de l'élément. Des flèches différentes indiquent chacune de ces circulations.

On remarque, en outre, que les chemins parcourus par les produits de la combustion sont presque toujours inverses de ceux qu'effectue l'eau.

Il en résulte que le chauffage du liquide est méthodique et, par suite, que le rendement de l'appareil est notablement augmenté. Cette disposition offre encore un autre avantage, lequel peut être considéré comme une des bases essentielles du principe de l'appareil, c'est le siphonnement artificiel provoqué par le foyer lui-même.

En effet, l'eau faisant retour à la chaudière pénètre dans chaque élément par l'orifice inférieur, représenté à gauche dans la figure 18, monte dans la branche correspondante du canal en U renversé, descend par la branche opposée et pénètre ensuite dans l'espace annulaire du corps cylindrique central.

Cette eau qui a été élevée déjà à une certaine température pendant la première partie de sa circulation, laquelle s'est effectuée en sens inverse de la marche des produits de la combustion, reçoit alors un violent coup de feu dans l'espace annulaire désigné ci-dessus, ce qui provoque une

ascension rapide de sa masse et, par suite, l'aspiration de l'eau qui lui succède.

Ce phénomène peut être comparé à celui qui se produit pour le siphon ordinaire décrit en physique, dans lequel l'influence de la pression atmosphérique est remplacée par une diminution de la densité du liquide contenu dans la branche motrice.

Cette particularité du fonctionnement de la chaudière permet d'établir des installations de chauffage avec des tuyauteries de faible diamètre, vu la circulation accélérée de l'eau en mouvement. Elle permet aussi de placer, s'il y a lieu, le retour de l'eau refroidie à la partie supérieure des appartements, sans qu'il soit nécessaire d'avoir recours à des appareils ou dispositifs spéciaux.

La chaudière Ramassot au point de vue économique.

D'après diverses expériences faites sur des chaudières de ce système, il résulte que la dépense journalière de gaz est de très peu supérieure à celle constatée dans le cas des chaudières à combustibles solides (anthracite, houille, etc.); cela, bien entendu, avec du gaz à un prix moyen.

La Compagnie du gaz de Lyon a bien voulu, pour ce genre de chauffage seulement, appliquer le prix de 0 fr. 16 le mètre cube, comme pour le gaz industriel.

Le rendement de la chaudière peut être évalué, d'après les expériences, à un minimum de 80 % des calories dégagées par la combustion du gaz. Ce chiffre n'a rien de surprenant si l'on considère que le départ des produits de la combustion s'effectue aux températures extrêmement basses de 45 à 50° au maximum.

Il y a donc une utilisation presque complète de toutes les calories émises par la combustion du gaz.

D'autre part un régulateur spécial, dont la description est donnée plus loin, proportionne très exactement la consommation du combustible aux écarts de températures. La dépense de gaz est donc réduite à son minimum lorsque le local a atteint la température désirée.

Si, pour une cause quelconque, le local vient à se refroidir, cette dépense augmente immédiatement jusqu'à ce que la quantité de calories émises par l'installation compense les déperditions, sans qu'il y ait, dans cette opération automatique, aucun excès de combustible.

On voit aisément les avantages d'un chauffage central par le gaz ainsi établi : commodité, régularité et hygiène sans supplément de dépense.

D'ailleurs la chaudière Ramassot, sous un revêtement très élégant, convient très bien au plus luxueux vestibule.

Une installation de démonstration a été établie dans le magasin d'exposition de la Compagnie du gaz de Lyon, permettant de se rendre compte de l'effet décoratif de la chaudière et de la bonne marche du chauffage.

Le tableau ci-après renferme les principaux renseignements qui peuvent être utiles dans l'établissement des projets de chauffage.

Régulateur de température.

Le régulateur de température dont il est parlé ci-dessus, et construit spécialement pour ce système de chaudière, a pour but de proportionner le débit du gaz au nombre de calories nécessaires pour maintenir l'eau de circulation à une température constante, quelles que soient les déperditions du local. Cette température peut être changée à volonté.

Prix et puissance des chaudières Ramassot.

N ^{os}	NOMBRE D'ÉLÉMENTS	ENCOMBREMENT TOTAL			DIAMÈTRE des TUYAUX de FUMÉE	DIAMÈTRE des TUYAUX d'EAU	CONTENANCE D'EAU EN LITRES	POIDS APPROXIMATIF	CONSOMMATIONS HORAIRES DU GAZ		PUISSANCES EN CALORIES		PRIX RÉGULATEUR COMPRIS et accessoires	OBSERVATIONS
		Haut- gueur	Lon- gueur	Lar- gueur					pour mise en marche	pour mise en veilleuse	Maximum	Minimum		
1	1	1,00	0,35	0,40	0,060	0,026 0,034	4 lit.	90 kil.	0,750	0,450	3.000	600	360	Les brûleurs fonctionnent à toutes les pressions. Pour les Villes ayant une pression dans la journée de 40 millim. et au-dessus, leur débit peut être élevé jusqu'à 4.000 litres, portant ainsi le rendement à 4.000 calories par élément.
2	2	1,00	0,40	0,40	0,060	0,033 0,042	8 —	130 —	1,500	0,500	6.000	1.200	445	
3	3	1,00	0,50	0,40	0,070	0,040 0,049	12 —	175 —	2,250	0,450	9.000	1.800	550	
4	4	1,00	0,60	0,40	0,070	0,040 0,049	16 —	220 —	3,000	0,600	12.000	2.400	650	
5	5	1,00	0,70	0,40	0,090	0,050 0,060	20 —	265 —	3,750	0,750	15.000	3.000	755	
6	6	1,00	0,80	0,40	0,090	0,050 0,060	24 —	310 —	4,500	0,900	18.000	3.600	860	

Prix des accessoires de rechange.

Régulateur seul.	Prix :	80 »
Membrane caoutchouc de rechange.	—	0 90
Brûleur complet.	—	13 50
Capuchon cuivre perforé.	—	1 »
Grille intérieure, tulle cuivre.	—	0 25
Plaque marbre	—	6 »
Par chaque numéro au-dessus . . .	supplément :	1 75
Glace pour nos 1 et 2.	Prix :	2 25
Par chaque numéro au-dessus. . .	supplément :	0 75
Clé pour les bouchons purgeurs. . . .	Prix :	1 75

*Description et fonctionnement du régulateur
de température.*

L'appareil se compose d'un corps en bronze 1 (fig. 19) intercalé sur le circuit de chauffage 2 et contenant un réservoir annulaire 3 en métal mince et entouré de toutes parts par l'eau de circulation.

Une tubulure 4 fait communiquer ce réservoir avec l'appareil de régulation proprement dit.

Un liquide dilatable remplit le réservoir annulaire 3 et la tubulure 4. Ce liquide est donc soumis à toutes les variations de température de l'eau, et ses dilatations ou contractions ont pour effet de refouler ou d'aspirer la membrane 5, en composition spéciale, laquelle porte un piston 6.

La partie supérieure du croisillon 7 renferme un deuxième piston 10, guidé par une vis s'engageant dans une rainure hélicoïdale et manœuvrable à la main.

Le gaz d'alimentation de la chaudière passe par les tubulures 8.

L'ascension du piston 6, due à la dilatation du liquide renfermé dans le réservoir 3, a pour effet d'obturer les orifices 8 du passage de gaz; mais cette obturation peut être produite en un point quelconque de son ascension, si l'on manœuvre le piston 10.

Il en résulte que cette obturation peut avoir lieu pour toutes les positions du piston 6.

Chacune de ces positions dépendant de la dilatation du liquide renfermé dans le réservoir 3 (dilatation qui est fonction de la température de l'eau de circulation), il est

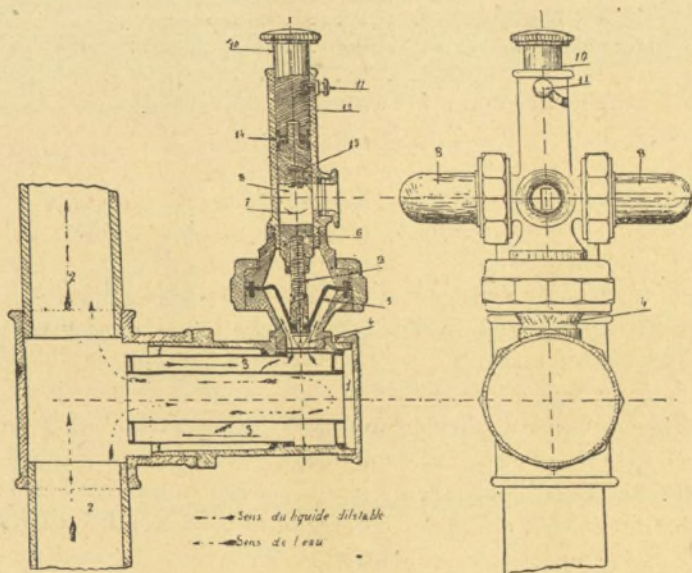


Fig. 19.

aisé de régler à volonté la position du piston 10 pour que la fermeture du gaz corresponde à la température de l'eau désirée.

Une vis 13, émergeant de la pièce 10, maintient un écoulement constant de gaz, en vue d'éviter l'extinction des brûleurs, lorsque les pistons 6 et 10 viennent en contact. Cette veilleuse est réglable à volonté.

Un regard, fermé par un mica, permet de suivre la marche des pistons.

Dans son ensemble, ce régulateur de température en

bronze poli, d'un aspect élégant, ne nuit en rien à l'esthétique de la chaudière Ramassot.

Essais de rendement effectués le 14 mai 1910
par l'Association Lyonnaise des Propriétaires d'Appareils
à vapeur
à l'usine de M. J. Visseaux, à Lyon-Vaise,
sur une chaudière à eau chaude pour chauffage central
système Ramassot
à trois éléments, munie de brûleurs Visseaux.

La chaudière en expérience d'une surface de chauffe de 2 m.²₄₄ était alimentée d'eau provenant d'un réservoir à niveau constant, cette eau traversait une chaudière de même système mais à 2 éléments seulement, munie d'un régulateur de température. Nous avons ainsi la faculté de faire varier à volonté la température initiale dans la chaudière expérimentée.

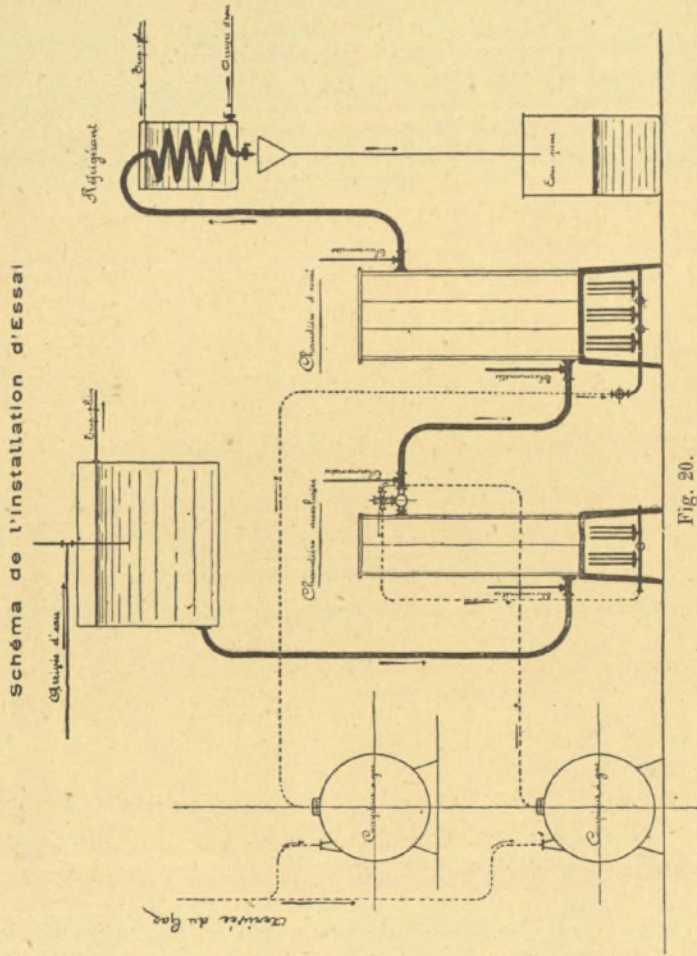
L'eau chaude à la sortie était refroidie par un serpentín pour éviter les pertes par évaporation.

Enfin, l'eau circulant dans la chaudière était recueillie et pesée. Le gaz brûlé était mesuré par un compteur et la chaudière fonctionnant sans régulateur de température, les brûleurs brûlant à plein débit.

Le schéma (fig. 20) indique la disposition des appareils. Dans un local distinct, le gaz était calorimétré à l'aide du calorimètre de Junkers.

(Dans le tableau suivant, les colonnes marquées 1^{er} et 2^e essais donnent les résultats totalisés de chacune des deux périodes précédentes.)

Premier essai. — L'eau étant prise à 11° et portée à une température de 75 à 80°, cet essai a été divisé en deux parties pendant lesquelles les lectures se sont succédées de minute en minute, l'ensemble forme un essai complet.



2^e Période (N° 2)

HEURES des LECTURES	TEMPÉRATURE D'ENTRÉE de l'eau (t°)	TEMPÉRATURE de SORTIE de l'eau (T)	TEMPÉRATURE de SORTIE des gaz	PRESSION du gaz
6 h. 35	11°	78,0	65°	35 m/m
36	11	78,0	65	35
37	11	78,1	65	35
38	11	78,2	65	35
39	11	78,4	65	35
40	11	78,5	65	35
41	11	78,4	65	35
42	11	78,3	65	35
43	11	78,6	65,5	35
44	11	78,9	65,5	35
45	11	79,4	66	40
46	11	80,0	66	37
47	11	80,3	66	37
48	11	80,7	66	38
49	11	80,0	66	37
50	11	80,0	66	37
51	11	80,0	66	37
Total.....		4343,8		
Moyenne.....		79,047		
T-t°.....		68,047		

Observations.

Durée	16' 5"
Gaz brûlé : 500 litres avec pression de	37 millim.
Eau recueillie.	34,3 kilog.
Calories utilisées.	2334,01
Gaz brûlé et ramené à 760 millim. et t° = 0°.	457,4 lit.
Pouvoir calorifique { inférieur.	4.905 calor.
{ supérieur.	5.476 calor.
Calories fournies par la combustion	2244 et 2505
Rendement thermique { pouvoir inférieur	104,40 %
calculé sur le { pouvoir supérieur.	93,47 %

Résultats du premier essai (Périodes nos 1 et 2).

Durée de l'essai 16' 25" + 16' 5" =	32' 30"
Gaz brûlé à la pression effective de 36 millim. d'eau et 18° =	4.000 litr.
Gaz brûlé ramené à la pression absolue de 760 mill. et 0° =	914,7 litr.
Eau recueillie provenant de la circulation.	68 kil. 700
Température moyenne de l'eau à l'entrée.	41°
— — — — — à la sortie	77°,965
Gain de température acquis dans la chaudière.	66°,965
Calories absorbées dans la chaudière $66,965 \times 68,7 =$	4.600,49
Pouvoir calorifique du gaz brûlé	{ pouvoir calorifique inférieur. 4.899 calor. — — — — — supérieur. 5.477 calor.
Calories fournies par la combustion du gaz	{ en calculant sur le pouvoir inférieur. 4.481 en calculant sur le pouvoir supérieur 5.010
Rendement thermique de la chaudière	{ en calculant sur le pouvoir inférieur. 102,7 % en calculant sur le pouvoir supérieur 91,82 %

2° *essai.* — Pendant cet essai la chaudière en expérience reçoit de l'eau préalablement chauffée à plus de 40°. Cet essai a été fait comme le premier en deux périodes.

1^{re} Période (N° 3)

HEURES des LECTURES	TEMPÉRATURE D'ENTRÉE de l'eau (t°)	TEMPÉRATURE de SORTIE de l'eau (T)	TEMPÉRATURE de SORTIE des gaz	PRESSIION du gaz
7 h. 47	42,4	81,7	76°	40 m/m
48	42,5	81,9	76	40
49	42,6	82,1	76	40
50	42,6	82,0	76	40
51	42,8	82,6	76	40
52	43,0	83,0	76	40
53	43,6	83,1	76	40
54	42,2	83,8	76	40
55	42,4	84,2	76	40
56	42,6	84,5	76	40
57	42,8	85,0	76	40
58	43,2	85,5	76	40
59	43,8	86,3	77	40
8 h. »	45,0	87,5	77	40
1	44,0	88,5	77	40
2	40,0	89,3	77	40
3	40,4	89,8	77,5	40
4	42,0	90,3	77,5	40
5	41,8	90,5	77,5	40
6	42,0	90,7	77,5	40
7	41,8	90,7	78	40
8	41,5	90,2	78	40
9	41,7	90,3	78	40
10	41,7	90,3	78	40
11	41,7	90,4	79	40
12	41,6	90,3	79	40
13	41,8	90,1	79	40
14	41,8	90,4	79	40
15	41,7	90,4	79	40
16	41,8	90,3	79	40
17	41,7	90,3	79	40
18	41,8	90,5	79	40
19	41,9	90,5	79	40
TOTAUX	1394,2	2887,0		
Moyennes .	42,248	87,490		

Observations.

Durée 32' 25"
 Gaz brûlé : 1.000 litr. avec 40 millim. d'eau et t° = 18°

Eau recueillie.	92,6 kilogr.
Calories utilisées	4,189,41
Gaz brûlé ramené à 760 millim. et t° = 0°.	915,2 litr.
Pouvoir calorifique	{ inférieur 4.968 calor.
	{ supérieur 5.512 calor.
Calories fournies par la combustion.	4547 et 5045
Rendement thermique	{ pouvoir inférieur. 92,40 %
calculé sur le.	{ pouvoir supérieur 83,04 %

2^e Période (N° 4)

HEURES des LECTURES	TEMPÉRATURE D'ENTRÉE de l'eau (t°)	TEMPÉRATURE de SORTIE de l'eau (T)	TEMPÉRATURE de SORTIE des gaz	PRESSION du gaz
8 h. 19	41,9	90,5	79,	40 m/m
20	41,7	90,5	79	40
21	41,8	90,7	79	40
22	41,8	90,7	79	40
23	42,0	90,9	79	40
24	41,8	90,8	79,5	40
25	42,0	91,0	79,5	40
26	42,0	91,0	79,5	40
27	42,2	91,1	79,5	40
28	42,4	91,5	79,5	40
29	42,2	91,5	80	40
30	42,2	91,3	80	40
31	42,4	91,6	80	40
32	42,2	91,6	80	40
33	42,4	91,7	80	40
34	42,4	91,8	80	40
TOTAUX	673,4	1458,2		
Moyennes	42,087	91,137		

Observations.

Durée	15' 20"
Gaz brûlé : 500 litres avec 40 millim. d'eau et t° = 18°	
Eau recueillie.	41,900 kil.

Calories utilisées	2.055,20
Gaz brûlé ramené à 760 millim. et t° = 0°	457,6 litr.
Pouvoir calorifique à { inférieur	4.892 calor.
0° et 760 millim. { supérieur	5.477 calor.
Calories fournies par la combustion	2239 et 2506
Rendement thermique { pouvoir inférieur	91,79 %
calculé sur le. . . { pouvoir supérieur	82,01 %

Résultats du deuxième essai (Périodes n° 3 et 4).

Durée de l'essai 32' 25" + 15' 20" =	47' 45"
Gaz brûlé à la pression effective de 40 millim. d'eau et 18° =	4.500 litr.
Gaz brûlé ramené à la pression absolue de 760 mill. et 0° =	4.372,8 litr.
Eau recueillie provenant de la circulation	134 kil. 500
Température moyenne de l'eau à l'entrée	42°,496
— — — — — à la sortie	88°,677
Gain de température acquis dans la chaudière	46°,481
Calories absorbées dans la chaudière $46,481 \times 134,5 =$	6.251,70
Pouvoir calorifique { pouvoir inférieur	4.942 calor.
du gaz brûlé. . { pouvoir supérieur	5.500 calor.
Calories fournies { en calculant sur le pouvoir par la combus- inférieure	6.784
tion du gaz. . . { en calculant sur le pouvoir supérieure	7.550
Rendement thermi- { en calculant sur le pouvoir que de la chau- inférieure	92,45 %
dière { en calculant sur le pouvoir supérieure	82,80 %

Résultats des essais effectués le 14 mai 1940 sur une chaudière système Ramassot à 3 éléments.

	1	2	1er Essai	3	4	2 ^e Essai
Numéros des essais.....	16 ²⁵ , 17	46 ³ , 47	32 ³⁰ , 33	32 ²⁵ , 35	15 ²⁰ , 17	47 ⁴⁵ , 48
Durée des essais.....	738,5 m/m	738,5	738,5	738,5	738,5	738,5
Hauteur barométrique du moment.....	741,07 m/m	741,22	741,15	741,5	741,5	741,5
Gaz brûlé { pression absolue de régime du gaz pendant l'essai.....	500 lit.	457,4	914,7	915,2	437,6	1372,8
pendant l'essai. { volume de gaz à la pression de régime et à 18°.....	4889 calor.	4905	4899	4968	4892	4942
Pouvoir calorifique du gaz brûlé { volume de gaz à 760 m/m de pression absolue et 0°.....	3481 calor.	3470	3477	3512	3477	3500
au m. ³ (pression 760 m/m, t°=0°). { pouvoir inférieur.....	2236 calor.	2244	2244	2244	2239	2284
Calories fournies par la combustion { supérieur.....	2506 calor.	2505	2510	2505	2506	2550
calculé par le pouvoir.....	41°	41°	41°	42°248	42°087	42°196
Température moyenne de l'eau à l'entrée de la chaudière.....	76°882	79°047	77°965	87°450	91°137	88°677
Température moyenne de l'eau à la sortie de la chaudière.....	65°882	68°047	66°965	45°242	49°050	46°481
Gain de température acquis dans la chaudière.....	34,4 kgs	34,3	68,7	92,6	41,9	134,5 ²
Poids d'eau ayant circulé dans la chaudière.....	2266,3 cal.	2334	4600	4189,4	2055,2	6251,7
Calories absorbées dans la chaudière.....						
RENDEMENT THERMIQUE ÉTABLI { pouvoir calorifique inférieur %/°.....	101,40	104,10	102,70	92,40	91,79	92,45
EN SE BASANT SUR LE { pouvoir calorifique supérieur %/°.....	90,43	93,47	91,82	83,04	82,01	82,80
Température moyenne de sortie des gaz brûlés.....	64°	65°5	64°5	77°5	79°5	78°
Gaz brûlé par heure (ramené à 0° et 760 m/m de pression absolue).....	1671 lit.	1706	1688	1694	1776	1725
Calories-heures fournies pendant les expériences.....	8283 calor.	8707	8492	7754	8042	7856
Calories-heures fournies par m. ² de surface de chauffe totale.....	3396 calor.	3570	3482	3179	3297	3221

1. Nous avons établi ces rendements d'après le pouvoir calorifique inférieur, pour satisfaire l'habitude de comparaison admise pour les appareils à gaz. (Voir observations ci-après.)

Observations. — Il est évidemment illogique d'établir le rendement d'après le pouvoir calorifique inférieur du gaz, comme cela se fait ordinairement dans des cas analogues. Cela conduit à un rendement paradoxal de plus de 100/100, comme le montrent les premières expériences.

En effet, la vapeur d'eau provenant de la combustion de l'hydrogène étant condensée en très grande partie rend à la chaudière sa chaleur de vaporisation, contrairement à ce qui se passe dans une chaudière à combustible solide dans laquelle ce résultat ne peut être obtenu, la température d'évacuation des gaz devant être assez élevée pour provoquer un tirage correspondant à l'entrée dans le foyer d'une quantité d'air indispensable à la combustion normale.

Dans la chaudière Ramassot, cette chaleur étant en majeure partie récupérée, le résultat obtenu tend vers la perfection de fonctionnement du calorimètre, à cette différence près que ce dernier évacue les gaz à une température très voisine de la température ambiante.

Si l'on voulait établir le rendement d'après le pouvoir calorifique inférieur, il conviendrait de retrancher à la chaudière la chaleur de vaporisation de l'eau de condensation, à condition de pouvoir la recueillir intégralement, ce qui est pratiquement impossible.

**Avis de M. R. Busquet, ingénieur des Arts et Manufactures,
sur les essais de rendement de la chaudière Ramassot
pour chauffage central par eau chaude.**

Nous avons suivi avec le plus grand intérêt les essais de rendement effectués par l'Association des propriétaires d'appareils à vapeur sur une chaudière à eau chaude pour chauffage central système Ramassot munie de brûleurs intensifs Visseaux (fig. 21).

Ainsi qu'il ressort du compte rendu des expériences, il a

été fait deux séries d'essais, en alimentant d'abord la chaudière à l'eau froide, et en second lieu à l'eau chaude fournie par une chaudière auxiliaire.

Pour n'envisager que les rendements calculés sur le pouvoir calorifique supérieur du gaz, on voit qu'ils ont atteint, dans le premier cas, le taux de 93,17 % et, dans le second, celui de 83,04 %.

Ces résultats sont certainement des plus remarquables, et l'on peut dire que le premier chiffre n'a jamais été atteint dans aucun appareil thermique, jusqu'à ce jour.

Le chiffre obtenu dans le second cas, c'est-à-dire dans les conditions les plus défavorables, avec l'alimentation à eau chaude, est encore bien supérieur à celui que l'on pourrait atteindre avec les meilleurs appareils de chauffage par circulation d'eau.

On peut même escompter un rendement plus élevé dans la pratique, si l'on considère que les essais ont été effectués, les brûleurs fonctionnant à plein débit, c'est-à-dire sans utiliser le *régulateur de température*, qui constitue l'un des perfectionnements les plus intéressants de la chaudière Ramassot, ce régulateur ayant pour effet de proportionner, à chaque instant, la dépense de gaz à la température que l'on veut obtenir.

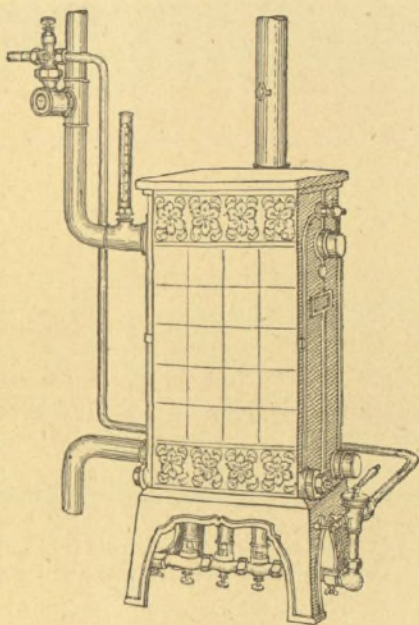


Fig. 21.

CHAPITRE VIII

Moteurs à Gaz.

L'origine des moteurs à gaz remonte à l'abbé Hautefeuille, en 1680, et à Huyghens, vers 1685; ils font partie du groupe des moteurs à explosion et furent pour la première fois l'objet d'une prise de brevet de la part de John Barbier, en 1791; ce brevet n'envisageait que la force résultant de la dilatation d'un mélange de gaz carburés et d'air; trois ans plus tard, Robert Street utilisait des matières volatiles : térébenthine, huile de pétrole, etc.

En 1792, Lebon, fort de sa récente découverte sur le gaz d'éclairage, avait prévu de suite son utilisation comme force motrice en comprimant d'avance le mélange détonant.

Mais toutes ces tentatives n'eurent aucune suite pratique avant 1861, époque où M. Lenoir (né en 1814) fit construire un premier moteur sans compression et comparable aux machines à vapeur; cependant les tiroirs ne possédant pas d'occlusion parfaite, tout en supportant une température de 280°, laissaient s'échapper une partie de la combustion sans effet utile.

A ce moment, Hugon, de la Compagnie Parisienne du Gaz, qui s'illustra dans cette branche de la mécanique, améliora dans de notables proportions cette nouvelle machine

en introduisant de l'eau à l'intérieur du cylindre, ce qui donnait le double avantage de refroidir ses parois tout en augmentant par la vapeur ainsi formée la force de détente du piston.

En 1862, Beau de Rochas, véritable innovateur du moteur actuel, indiqua d'une façon absolument précise le fonctionnement pratique du piston, c'est-à-dire le cycle à quatre temps pour deux tours de l'arbre de couche. Ce cycle a conservé le nom de son inventeur, cycle de Beau de Rochas, et comprend les phases : aspiration, compression, explosion, échappement.

En 1864, Otto et Langen perfectionnèrent encore de nouveau ces moteurs.

Le premier construit consommait 3 mètres cubes par cheval-heure avec un mélange de 30 à 35 mètres cubes d'air.

Après Hugon, cette consommation descendit à 2.500 litres.

Avec Otto et Langen, elle n'atteignait plus que 2 mètres cubes.

Voici, d'après différents expérimentateurs, les consommations actuelles de plusieurs moteurs :

EXPÉRIMENTATEURS	MOTEURS	FORCE	TRAVAIL	CONSOMMATION
		NOMINALE en chevaux	EFFECTIF en chevaux	EN LITRES par cheval-heure
MM.				
Tresca	Lenoir	1/2	0,57	3.166
—	Hugon	2	2,07	2.445
—	Otto et Langen	1/2	0,46	1.247
Schöttler.....	Otto	4	3,96	912
Witz.....	Otto	4	3,37	1.152
—	Otto	4	3,69	1.126
Brauer et Schöttler.	Otto	12	11,8	975
Schöttler.....	Wittig et Hees	2	1,8	1.116
—	Koerting	3	2,2	1.275

et d'après M. l'ingénieur Witz :

Moteur Hugon.....	2.400	} Consommation par cheval-heure effectif. (En litres.)
— Otto.....	1.000	
— Simon.....	1.000	
— Langen et Otto.....	1.000	

La dépense horaire par cheval effectif pour les moteurs à gaz d'une force supérieure à 10 chevaux est sensiblement :

Gaz	530 litres
Eau	20 litres
Huile	5 grammes

dépenses d'allumage et de mise en route comprises.

A titre d'indication voici les prix de revient du cheval-heure (ou 736 watts $\times 10^7$ ergs par seconde) à diverses sources :

Vapeur	0 fr. 05
Gaz pauvre	0 fr. 015
Gaz de ville à 0 fr. 20 le m. ³	0 fr. 10
Electricité à 0 fr. 07 l'hectowatt.	0 fr. 26

abstraction faite de tous frais accessoires à ces différents modes de production : amortissement, prix d'achat, etc.

Toutefois, pour être exact, il convient de noter que ces prix ne s'appliquent que pour des forces de 30 à 50 chevaux et que, pour la vapeur et le gaz par exemple, si l'on utilise des forces supérieures, le prix de revient décroît, tandis que pour l'électricité et le gaz pauvre il reste sensiblement le même, le prix du mètre de gaz pauvre étant de 0 fr. 035 approximativement.

Le moteur vertical Bisschop, dont on peut encore voir quelques spécimens fonctionner dans les fêtes foraines, consacra longtemps le premier moteur industriellement employé. Il consomme 4.850 litres par cheval-heure.

En 1878, la consommation baissait et arrivait à 1 m.³ par cheval-heure; à 800 litres en 1889 et aujourd'hui à 500 litres et d'ici peu même 450 et 400 litres, si l'on augure bien des études actuellement en cours concernant le refroidissement obligatoire mais néfaste du cylindre.

La proportion d'air introduite est sensiblement de 7 parties pour 1 de gaz dans les mélanges détonants, et la pression ou plutôt la *décompression* de ce mélange varie entre 5 et 10 kilogrammes; la détente alors obtenue atteint parfois 25 kilogrammes pour s'introduire à son tour, si l'on peut s'exprimer ainsi, dans le volant régulateur (De 6 % à 28 % de gaz mélangés à l'air forment un mélange explosif).

Les diagrammes obtenus indiquent suffisamment les différentes phases de la marche du piston et peuvent servir à se rendre compte du fonctionnement normal du moteur.

Dans toute machine motrice et conséquemment dans un moteur à gaz, deux forces sont souvent indiquées : la force absolue et la force effective; la première est celle développée dans le cylindre, la seconde est celle disponible sur l'arbre du volant; cette dernière, la seule utile, est calculée au moyen du frein de Prony (Ingénieur-mathématicien français, 1755-1839).

Le rendement d'un moteur est le rapport existant entre ces deux forces. Le principe du frein de Prony est de contrarier ou d'absorber par le frottement la force engendrée à un arbre de couche d'une machine ou d'un moteur; il se compose de deux coussinets en bois fixés sur l'arbre par des boulons, l'un des coussinets est muni d'une tige formant levier inter-résistant pourvu d'un plateau que l'on peut charger de poids à volonté.

Ce frein a en outre l'avantage de pouvoir déterminer la force absorbée par une ou plusieurs machines-outils; il est évident, en effet, que si l'on fait actionner par un moteur

une machine-outil quelconque et que, connaissant la force effective du moteur, on lui applique la méthode du frein, la différence observée sera celle utilisée par la machine-outil en service.

Les moteurs à gaz ont sur la vapeur le privilège de ne pas avoir besoin, pour fonctionner, de chaudière et d'employer directement la force dépensée; ils suppriment aussi une partie importante d'entretien et d'emplacement, ils se disposent sans aucune formalité aux rez-de-chaussées comme aux étages d'une habitation, leur fonctionnement silencieux les fait rechercher dans la petite industrie et les classe avantageusement pour l'obtention rationnelle de la lumière électrique.

Les moteurs à gaz pauvre, c'est-à-dire ne renfermant que peu d'hydrocarbures et d'hydrogène, fonctionnent certainement à meilleur marché, mais ils nécessitent une installation spéciale qui vient grever d'autant la force obtenue; ces moteurs n'ont lieu d'être que pour des forces très importantes ou en des endroits où il n'existe pas d'usine à gaz.

Le gaz pauvre est un mélange d'hydrogène, d'oxyde de carbone et de produits inertes ou qui ne peuvent se modifier d'eux-mêmes.

2.520 litres de gaz pauvre sont sensiblement équivalents à 580 litres de gaz de houille.

Tous les gaz pauvres en général sont sans odeur, mais très toxiques, c'est ce qui les a fait bannir en France.

Le gaz Strong a un pouvoir calorifique de 2.500 calories, il est ainsi composé :

Hydrogène.	53	volumes
Oxyde de carbone.	35	—
Carbures	4	—
Azote et gaz inertes.	8	—
	<hr/>	
Total	100	volumes

Le gaz Dowson (coke) se compose comme suit :

Gaz inertes : (Azote, méthane, oxygène, éthylène, anhydride carbonique)	50 volumes
Oxyde de carbone.	30 —
Hydrogène	20 —
Total	400 volumes

Le gaz Dowson (anthracite) :

Gaz inertes.	56 volumes
Oxyde de carbone.	26 —
Hydrogène.	18 —
Total	400 volumes

Le gaz des hauts-fourneaux, applicable seulement dans les grandes manufactures, se compose très approximativement ainsi :

Gaz inertes.	65 volumes
Oxyde de carbone.	27 —
Eau.	5 —
Hydrogène.	3 —
Total	400 volumes

Le gaz pauvre est obtenu par la décomposition de l'eau traversant une colonne de coke incandescent dans le système Dowson et Mond, où un mélange d'air de 4% de volume est nécessaire pour obtenir le mélange détonant ($C + H^2 O + CO = H^2$) ou ($CO H^2$). Le gaz pauvre ou gaz à l'eau ($CO H^2$) est fabriqué de la façon suivante :

De la vapeur d'eau surchauffée est lancée par un pulvérisateur dans un foyer contenant un combustible quelconque: anthracite, grésillon de coke ou autre en ignition.

Le point essentiel est de maintenir le foyer constamment ardent et à une température de 1.000 à 1.200° (Gaz Pierson). Cinq cents litres de gaz de houille valent environ 2.500 litres de gaz pauvre.

Pour employer le gaz pauvre à l'éclairage, il est indispensable de le carburer par une admission, en même temps que la vapeur d'eau, d'une certaine proportion d'huile lourde soit de houille, soit de pétrole (Gaz Lowe).

On peut aussi procéder, en mélangeant, dans de certaines proportions, de l'air et de la vapeur surchauffée que l'on introduit au travers du coke ou de l'anthracite incandescent (Gaz Dowson).

Le gaz pauvre revient à environ 0 fr. 035 le m.³.

Enfin, en faisant passer un courant de gaz pauvre dans des conditions particulières sur un produit de distillation de pétrole, la gazoline, on obtient un gaz parfaitement éclairant. Le gaz d'air est obtenu en faisant circuler aussi, sur de la gazoline, un violent courant d'air comprimé, il faut 50 centilitres de gazoline, pour carburer 1 mètre cube de gaz; ce gaz a un pouvoir éclairant très élevé.

Le gaz d'huile ou gaz Pintsch s'obtient par la distillation en vase clos de pétrole naturel, d'huile de naphte et surtout d'huile de boghead; ce dernier (boghead) est de beaucoup le plus employé, comme gaz portatif, dans les voitures de chemins de fer; c'est le gaz riche.

Le prix du mètre cube de gaz riche est d'environ 1 franc.

Dans les wagons de chemins de fer, on remplace avantageusement 3 becs papillons par 2 becs à manchons, une dépense de 22 litres par bec dans chaque cas donne pour le premier : $22 \times 3 = 66$ litres et dans le second cas : $22 \times 2 = 44$; on a pour les becs à air libre un rendement lumineux de 44 bougies 45, et pour les becs à incandescence le rendement lumineux atteint 48 bougies décimales.

Il peut, d'ailleurs, facilement être comprimé, jusqu'à 8 atmosphères, sans perdre de son pouvoir éclairant¹, il

1. Le gaz enfermé pendant quelque temps dans les gazomètres perd de son pouvoir éclairant; les vapeurs d'hydrocarbures se liquéfiant, le gaz perd de son titre.

Le gaz éclaire mieux quand la pression est faible, à condition toutefois que la flamme ne vacille point.

contient 80 % de carbone et seulement 15 % d'hydrogène. Le gaz d'huile a un pouvoir éclairant deux ou trois fois plus élevé que le gaz de houille, il en est de même du gaz de résine.

Le gaz Riché s'obtient par la distillation pyrogénée du bois. Ce gaz n'est pas éclairant, mais est susceptible de servir à l'incandescence, sa flamme atteignant 2.000°; il faut 100 kilogrammes de bois pour obtenir 80 mètres cubes de gaz.

En 1880, il a été établi en France des usines utilisant pour la fabrication du gaz des déchets de liège, mais c'est surtout du pin et du sapin que l'on emploie habituellement.

L'on remarquera donc que tous les gaz pauvres, ceux des hauts-fourneaux compris, sont aptes à de nombreuses applications, et n'étaient les obligations qui lient les Compagnies ou Sociétés, ces dernières pourraient avantageusement livrer à la consommation du gaz de cette fabrication. Avec quelques précautions, tout danger serait vite écarté.

La pratique donne, dans les emplois industriels électriques où l'on se sert de moteurs à gaz de ville, le cheval-heure (75 kilogrammètres ou 736 watts), aux bornes d'utilisation du courant, à raison de 800 litres à l'heure.

Les moteurs électriques, qui de prime abord se recommandent par leur géniale simplicité, ne peuvent encore être comparés aux moteurs à gaz et comme prix de revient de l'énergie obtenue et comme régularité de fonctionnement.

Comme pour les machines à vapeur, les moteurs à gaz et toutes les sources d'énergie, le travail ou énergie obtenu par une source électrique en un certain temps est équivalent au produit de la puissance par le temps employé à produire ce travail ou énergie; il s'indique en watt-heure (dont 736 égalent 75 kilogrammètres ou un cheval-vapeur), et la puissance d'une source électrique s'évalue

par le produit de sa force électro-motrice (exprimée en volts) par l'intensité du courant qu'il peut débiter (exprimée en ampères); le produit donne des watts¹.

Trêve de dissertations sur les moteurs électriques et leurs applications actuelles et futures. Si leur rendement définitif n'est pas meilleur, c'est que leur genèse n'est pas encore suffisamment connue, c'est surtout le prix prohibitif que les secteurs sont obligés de demander aux abonnés, et cette science étant encore celle de l'avenir, loin de moi l'idée de mal augurer des progrès qu'elle ne manquera pas d'accomplir au profit de tous; qu'il me suffise de dire qu'elle possède dans le gaz, surtout à Paris, un puissant adversaire qui étonne aussi par ses croissants perfectionnements.

Je suis aussi trop observateur et contemplateur des tentatives souvent infructueuses, il est vrai, mais néanmoins capables de donner un plus grand bien-être à mes contemporains, pour ne pas suivre avec enthousiasme les bienfaits dont nous ont déjà gratifiés les fécondes découvertes dues à l'énergie électrique.

En tout cas d'habiles constructeurs fabriquent maintenant des groupes électrogènes avec, comme source mécanique, des moteurs à gaz, destinés à fournir force et lumière électriques.

Les moteurs à gaz de ville possèdent encore la ressource, suivant l'endroit où on les utilise et cela sans transformations appréciables, de fonctionner au pétrole lampant, au gaz pauvre, à l'essence et même à l'alcool, notre produit national, comme aussi au benzol, sous-produit de la distillation de la houille et que l'on trouve en quantité notable dans le goudron.

Pour terminer ce chapitre, voici quelques pouvoirs calo-

1. La quantité de travail indiquée par les compteurs électriques s'évalue en ampères-heure, ce travail étant égal au produit de l'intensité par la durée de l'émission du courant.

rifiques de certains combustibles employés dans les moteurs d'après M. G. Franche.

Par mètre cube	Gaz d'éclairage	pauvre.	4.500 calor.
		ordinaire.	5.000 —
			riche . . . . .	6.000 —
Par mètre cube	Gaz Dowson. . .	anthracite	4.250 —
		coke.	1.150 —
Par kilo	Gaz des hauts-fourneaux.	950	—
	Gaz des fours à coke.	4.000	—
	Pétrole rectifié	10.500	—
	Pétrole brut (moteur Diesel).	10.000	—
	Essence	11.000	—
	Alcool brut à 90 degrés	5.700	—

CHAPITRE IX

Sous-Produits du Gaz.

La variété inépuisable de sous-produits qui se dégagent lors de la distillation de la houille en vase clos mérite bien quelque attention; je vais faire en sorte d'en tirer le profit d'un chapitre spécial.

Coke.— Le coke qui, tout d'abord, est une houille carbonisée de 0,4 de densité, représente en carbone et en matières terreuses ou minérales 75 % du poids de la houille distillée ou environ 180 litres pour 100 kilogrammes de houille; il contient très peu d'hydrogène, d'oxygène et d'azote, et serait à lui seul capable de couvrir les frais de fabrication du gaz d'éclairage. Après le bois de sciage, le coke est le plus hygiénique de tous les combustibles et est en tous les cas le meilleur marché.

En principe, tous les combustibles, même le coke et le gaz d'éclairage, brûlés dans les appareils les plus perfectionnés doivent posséder, pour leur emploi hygiénique, un moyen de communication des produits de leur combustion avec l'extérieur.

D'après sa densité indiquée plus haut, un mètre cube de coke pèse de 380 à 400 kilogrammes, et un bon coke ne doit pas laisser plus de 5 à 8 % de cendres; il a un pouvoir calorifique presque aussi élevé que celui de la houille, et l'on

obtient de 50 à 60 % de rendement en pouvoir rayonnant ; il est même étonnant que malgré toute la publicité faite en sa faveur, ce combustible ne se soit pas plus répandu. Une des obligations essentielle et nécessaire à sa combustion dans de bonnes conditions réside en la grandeur du foyer employé, et le numéro 1, par exemple, donnera toute satisfaction en étant utilisé par couches d'environ 15 centimètres de hauteur, et sachant que plus sera élevée la quantité d'air introduite, plus sera vive la combustion, l'on saura que la masse de coke contenue dans le foyer est indépendante de son accélération de combustion.

Il se fait d'ailleurs spécialement pour ce genre de chauffage toutes sortes d'appareils : cheminées d'appartements, grilles, cuisinières, calorifères, etc., et tout dernièrement un fabricant a innové un poêle calorifère pouvant rivaliser avec toutes les cheminées à feu continu comme rendement hygiénique surtout, puisque aucune trace d'oxyde de carbone ne subsiste pendant la combustion lente, ni dans l'atmosphère ni dans les produits gazeux éliminés.

Voici d'ailleurs l'extrait du procès-verbal d'un essai effectué le 5 mars 1910, au Conservatoire national des Arts et Métiers.

RECHERCHE ET DOSAGE DE L'OXYDE DE CARBONE	
<i>Allure rapide.</i>	
Dans la salle, au début, après ventilation.....	Néant
— après 5 heures d'allumage.....	d°
Dans les gaz de la combustion, après 1 heure de régime.	d°
<i>Allure lente.</i>	
Dans la salle, au début, après ventilation.....	d°
— après 5 heures d'allumage.....	d°
Dans les gaz de la combustion, après 1 heure de régime.	d°

Je crois que c'est plutôt concluant et que ce poêle appelé « Le Coq » est appelé à un grand avenir, il peut

fonctionner en marche ordinaire de 18 à 24 heures sans être rechargé.

Le coke étant connu de tous, il est superflu d'entrer dans de plus longs détails.

C'est un combustible propre qui brûle sans odeur, sans flamme, sans fumée, ce qui, en certains endroits, supprime le ramonage des cheminées, il est surtout d'une économie incontestable.

Goudron. — Au début de la fabrication du gaz, le goudron n'était pas utilisé et les inventeurs du gaz ne se doutaient pas de l'importance que prendrait ce produit et ses dérivés dans l'avenir.

L'amylène, la benzine, le toluène, la naphthaline, etc., enfin tous les produits du goudron sont aujourd'hui employés dans l'industrie.

Voici dans l'ordre de leur distillation les principaux sous-produits du goudron de houille :

NOMS DES CORPS	FORMULES	POINT de DISTILLATION	DENSITÉ
Amylène.....	$C^{10} H^{10}$	- 39°	1,048
Benzine.....	$C^{12} H^6$	81 à 86	0,850
Pétinine.....	$C^8 H^{11} Az$	80	0,921
Toluène.....	$C^{14} H^8$	104 à 108	0,870
Xylène.....	$C^{18} H^{12}$	127	0,870
Picoline.....	$C^{12} H^7 Az$	133	0,955
Pyridine.....	$C^{10} H^6 Az$	150	1,081
Cumène.....	$C^{18} H^{12}$	151	0,870
Lutidine.....	$C^{14} H^9 Az$	151	1,081
Eupionne.....	$C H$	169	1,048
Cymène.....	$C^{10} H^{14}$	175	0,861
Collidine.....	$C^{16} H^{11} Az$	179	1,081
Aniline.....	$C^{12} H^7 Az$	182	1,028
Acide phénique.....	$C^{12} H^5 O + HO$	188	1,065
Naphtaline.....	$C^{10} H^8$	217	1,048
Quinoléine.....	$C^{18} H^7 Az$	239	1,081
Lépidine.....	$C^{20} H^9 Az$	260	1,081
Para naphthaline.....	$C^{20} H^{12}$	300	1,048
Anthracène.....	$C^{18} H^{10}$	+ de 360	1,048
Chrysène.....	$C^{12} H^4$	436	1,048
Pyréne.....	$C^{20} H^{12}$	+ de 450	1,048

Jusqu'à 150° on trouve les essences volatiles et de l'eau chargée de sels ammoniacaux. De 150 à 200° l'acide phénique prédomine. Au-dessus de 300° ce sont les huiles créosotées et huiles lourdes ; ces dernières sont le plus souvent livrées à la consommation pour la conservation des bois, palissades, pieux, etc.

Les hydrocarbures légers et principalement la benzine sont employés à l'augmentation du pouvoir éclairant du gaz, pour le nettoyage des étoffes et des machines, à la dissolution des corps gras et du caoutchouc.

Le mélange de benzine et de toluène sert à la fabrication de l'aniline composée, la benzine pure sert à obtenir l'aniline pure, le toluène pur sert à la fabrication de la toluidine ainsi qu'aux couleurs.

L'acide phénique est employé comme désinfectant, en médecine et pharmacie, il sert aussi à la conservation des substances animales et végétales ainsi qu'à la production de l'acide picrique et du bleu de Lyon.

La naphthaline détruit les insectes ; avec ce sous-produit on obtient du noir de fumée, on prépare la naphtilamine et plusieurs couleurs.

Les huiles lourdes sont applicables à la peinture, à la composition du vernis ordinaire et aux graissages.

Les huiles lourdes créosotées constituent les éléments utiles à la conservation des bois, à un genre d'éclairage peu usité (Dony), à la dissolution du brai, à fabriquer du noir de fumée.

Le brai est utilisé à la fabrication du charbon dit de Paris, pour les asphaltes et les agglomérés, briquettes, boulets, etc.

L'acide rosolique est employé à l'obtention des couleurs.

Le cumène, le cymène et le xylène entrent dans la composition des benzines et servent aussi à la fabrication des couleurs.

Le benzol est composé de benzine, de toluène et de quelques carbures; ce sont les hydrocarbures liquides qui distillent de 39 à 150° qui forment le benzol. Avec de la benzine on a du benzol chimiquement pur. Le benzol trouve son emploi industriel dans la ferblanterie, la teinturerie, le caoutchouc, la préparation des colles, gélatines, pâtes.

Le benzol sert aussi de carburant dans les moteurs d'automobiles où il remplace avantageusement le pétrole et l'essence ainsi que l'alcool.

Les cyanures sont réservés aux usages photographiques.

La nitrobenzine sert à parfumer le savon et les confiseries: l'odeur de la nitrobenzine a en effet beaucoup de ressemblance avec celle de l'amande; la nitrobenzine est aussi quelquefois employée comme traitement dans la maladie des ulcères.

L'acide picrique, produit des huiles lourdes et en particulier de l'acide phénique, a un grand pouvoir en teinture où il en faut 500 grammes pour teindre 500 kilogrammes d'étoffe.

L'on peut d'ailleurs atteindre avec les dérivés goudronneux toutes les teintes possibles, depuis les roses pâles de fuchsine jusques et y compris le bleu le plus clair; le vert émeraude, le bleu foncé, le violet, le jaune, le noir de fumée, etc., le noir d'aniline.

L'acide phénique sert aussi à préparer l'acide rosolique et le phénol Bobœuf.

L'alizarine, dérivée de l'antracène, tend à remplacer la garance et beaucoup plus avantageusement.

Pour se résumer l'on constate qu'un point très important dû à ces huiles est la formation économique d'essences de couleurs les plus fines et les plus variées.

Ammoniaque. — Un autre sous-produit de la fabrication du gaz et non de moindre importance est l'eau ammoniacale, dont l'alcali volatil est connu de tous et qui est un

sel provenant de l'ammoniaque. L'alcali volatil sert encore à préparer la cochenille ammoniacale et l'orseille et par suite est l'objet d'applications importantes.

Le sulfate d'ammoniaque, très employé comme engrais, est un autre sel de réelle valeur industrielle; on en retire environ 9 à 10 kilogrammes par 1.000 kilogrammes de houille distillée qui forme une des sources les plus importantes d'ammoniaque. L'ammoniaque est utilisé à la production du froid (anhydre ou liquéfié), en médecine, pour dissoudre l'orseille et le carmin, la fabrication des fausses perles, etc.

Le chlorhydrate d'ammoniaque ou sel ammoniac cristallisé sert aux ferblantiers pour leurs soudures.

Enfin il n'est pas jusqu'aux eaux d'épuration qui ne reçoivent une application industrielle en donnant du bleu de Prusse, du prussiate de chaux, etc., etc., et l'industrie, guidée en cette circonstance par la chimie, n'a pas encore dit son dernier mot.

Pour terminer je dirais qu'en dehors du coke, la Société du Gaz de Paris vend directement le poussier de coke, le goudron, l'huile créosotée, le brai, l'anthracène, le sulfate d'ammoniaque et l'ammoniaque liquide, les autres sous-produits faisant l'objet d'ententes préalables ou forfaitaires.

CHAPITRE X

Note sur le Gaz Acétylène.

Le gaz acétylène connu depuis fort longtemps (1835 environ) est très combustible, il contient 92,3 de carbone et 7,7 d'hydrogène et par suite est le plus riche en carbone des gaz connus, il est incolore, soluble dans l'eau et possède pur ou purifié une odeur caractéristique.

Pratiquement, il est obtenu en mettant au contact de l'eau du carbure de calcium, et un kilogramme de carbure de calcium donne 265 à 300 litres de gaz acétylène.

Son pouvoir éclairant est de 15 fois supérieur à celui du gaz de houille brûlant à flamme libre. Son prix varie de 4 fr. à 4 fr. 25 le mètre cube.

Le tableau suivant a été établi en prenant pour base l'éclairage d'un appartement assez vaste ou d'une petite maison de rapport; on compte 5 becs ou foyers lumineux de 40 bougies chacun fonctionnant environ 3 heures par jour pendant pendant 365 jours. Comme l'on peut varier à l'infini l'utilisation de cette lumière, mais qu'en somme à la fin de l'année le résultat sera sensiblement le même, cette comparaison est suggestive, et malgré l'emploi de manchons réservé à l'acétylène, l'avantage reste encore au gaz de ville si l'on tient compte de tous les ennuis résultant de l'emploi du gaz acétylène.

Prix de revient comparés à raison de 200 bougies décimales pendant 365 jours et à 3 heures en moyenne par jour.

ÉCLAIRAGE EMPLOYÉ	PRIX DE L'UNITÉ (en francs)	MODE D'ÉCLAIRAGE	CONSOMMA- TION par BEC OU FOYER	PRIX de REVIENT ANNUEL de 5 becs ou foyers de 40 bougies chaque (en francs)
Acétylène	1,25 le m. ³	Flamme libre	27 litres	484,80
Acétylène	1,25 —	Incandescence	12 litres	82,15
Gaz de houille.....	0,20 —	d°	80 litres	109,50
Electricité	0,07 l'hectowatt	d°	80 watts	306,60
Electricité.....	0,07 —	d°	40 watts	153,30
Essence.....	0,65 le litre	d°	0 lit. 08	284,70
Pétrole.....	0,60 —	ordinaire	0 lit. 12	394,20

D'après M. le docteur Motais qui s'est spécialement occupé de ce mode d'éclairage, il résulte que les produits de la combustion vicient moins l'atmosphère que le gaz de houille, que la chaleur développée dans les becs est insignifiante et que sa lumière est celle qui se rapproche le plus de celle du soleil.

Il dégage par mètre cube de 14 à 15.000 calories; comme le gaz de houille il peut donc être employé au chauffage domestique et autres nonobstant les frais accessoires supplémentaires qu'il entraîne pour son emploi.

CHAPITRE XI

Considérations sur l'énergie électrique.

L'électricité est certainement la science qui captive le plus, actuellement, le monde entier.

Les progrès accomplis à pas de géant en si peu d'années ont étonné, et chacun pensait qu'à brève échéance le gaz serait détrôné à tout jamais comme mode d'éclairage; cependant il soutient victorieusement la lutte ayant à son avantage la foule de sous-produits qui ramènent son prix de revient à un taux susceptible de donner toute satisfaction à ses abonnés aussi bien qu'aux actionnaires des grandes sociétés qui l'exploitent.

Mais quand on se rend compte des nombreuses applications de l'électricité, on ne peut se défendre d'un certain geste de grandiose et généreuse admiration à son égard.

Comme lumière, c'est la plus hygiénique puisqu'elle ne dégage en tant qu'incandescence ni oxyde de carbone ni de sensible chaleur, elle n'absorbe non plus d'oxygène; c'est aussi celle qui revient légèrement la plus chère, comparativement à celle obtenue par les lampes à arc.

Pour un éclairage d'intensité lumineuse de 12 bougies à l'heure, il a été reconnu les chiffres suivants :

ÉCLAIRAGE EMPLOYÉ	OXYGÈNE	AIR VICIÉ	ACIDE	CALORIES
	absorbé en litres	en litres	CARBONIQUE dégagé en litres		dégagées
Gaz de houille.....	98,1	490,5	90,8	703
Huile de baleine.....	134,5	672,5	94,3	587
Essence de térébenthine.	188,3	941,5	135	824
Bougies de cire.....	238,1	1190,5	167	965
Chandelles.....	239,7	1698,5	247,1	1276
Lampes électriques à incandescence.....	0	0	0	35

La lumière à arc permet de distinguer les couleurs sans en altérer la teinte, elle a en outre et à l'opposé de toutes les autres l'avantage d'assainir l'air dans lequel elle se produit, l'air se trouvant continuellement décomposé à son contact; par suite de sa différence de densité, en effet, l'air échauffé tend toujours à s'élever, et par un phénomène chimique assez facile à s'expliquer l'acide carbonique transforme en ozone son oxygène qui devient libre tandis que les parcelles de carbone se fixent à la partie incandescente du foyer. Le prix assez élevé de l'énergie électrique arrêtera encore longtemps l'essor que l'on pourrait lui voir acquérir, car le gaz de houille serait capable de suivre dans des conditions meilleures une décroissance de prix de vente de l'unité.

Le chauffage électrique est encore dans le domaine des études comme applications pratiques; il n'en est pas de même pour la force motrice qui malgré son prix plus élevé voit de jour en jour s'accroître ses débouchés, par sa commodité et sa propreté. Quoiqu'il en soit, il reste

encore bien du chemin à faire pour ren.placer la vapeur et les moteurs à gaz dans ce genre d'utilisation, et les chercheurs ont un vaste champ à approfondir. Le jour où l'on aura chaleur, lumière, force à volonté, nous vivrons alors une époque de rêves et de félicités; mais quand l'aurons-nous résolu ce problème, si tentant cependant?

CHAPITRE XII

De la Verrerie dans l'Eclairage.

Une condition qu'il ne faut point négliger dans tout éclairage consiste à utiliser le mieux possible la lumière dont on dispose. Les lois de la réflexion et de la réfraction ont été longuement étudiées et les résultats obtenus judicieusement appliqués aux sources lumineuses.

Les cheminées ordinaires ou à baguettes cylindriques ne donnent que de médiocres résultats, quoique certaines marques allemandes (Iéna) fabriquent d'excellents verres de forme ordinaire ou à trous; ces derniers permettent en outre une plus abondante récupération d'air. Mais on fait usage avec avantage de globes holophanes qui ont la propriété de diffuser dans de bonnes conditions toute la lumière acquise du foyer lumineux, les verres de couleur en dehors de leur aspect plus chaud et plus agréable ont le défaut d'absorber une immense quantité du pouvoir éclairant de la source lumineuse. Les verres en mica retiennent de 30 à 40 % de lumière et sauf leur plus longue durée doivent être rejetés; les cheminées rétrécies dans le haut seraient meilleures parce que les gaz de la combustion, se trouvant resserrés avant leur sortie, réchauffent la

flamme; enfin il ne faut pas faire usage de cheminées trop larges : au contraire plus la cheminée est étroite, plus le rendement est grand, toujours à cause du réchauffement supérieur du mélange gazeux qui, en cette dernière circonstance, étant moins volumineux s'échauffe d'autant plus vite.

CHAPITRE XIII

Des différentes sortes d'Allumage.

Plusieurs sortes d'allumage sont préconisées dans les installations de quelque importance et concernant les becs à incandescence aujourd'hui universellement employés.

Le plus simple consiste à faire usage d'un allumoir à flamme d'alcool ; on chauffe préalablement le manchon environ une seconde ou deux, de la sorte il ne se produit aucune explosion à l'intérieur du bec, et l'incandescence a lieu aussitôt dans toute sa puissance lumineuse.

On a créé pour l'allumage instantané une sorte de self-allumeur composé de mousse de platine¹ et de palladium que l'on place en permanence au-dessus de chaque bec et qui de ce fait s'allume seul lorsque l'on livre passage au gaz ; en laissant chaque appareil ouvert et en munissant d'un robinet de barrage la canalisation qui les commande, on peut ainsi et à distance allumer deux, dix, trente becs à la fois, à condition toutefois de s'assurer du parfait fonctionnement de ces divers appareils et cela constam-

1. La régie qui avait intenté un procès aux fabricants d'allume-gaz à mousse de platine, comme portant atteinte à son monopole en allumettes, a perdu son procès. Ces allume-gaz vont donc pouvoir de nouveau prendre l'essor dont ils sont justifiées (Juillet 1911).

ment ; un appareil ne fonctionnant pas aurait pour grave inconvénient de laisser échapper du gaz sans qu'il soit consumé.

On fait usage quelquefois de l'étincelle électrique pour allumer les becs de gaz ; l'étincelle est produite par la rupture d'extra-courant dans une bobine de Ruhmkorff, mais dans ce système un dispositif spécial est indispensable à chaque appareil, et un seul bec peut être allumé, l'opération devant être renouvelée toutes les fois que l'on veut obtenir un nouveau point lumineux. Néanmoins comme cette façon d'opérer est assez répandue, qu'elle offre d'ailleurs toute garantie de sécurité et qu'il existe des becs Auer munis de ces appareils, je vais les décrire ici ainsi que la façon de s'en servir.

Quiconque possède une installation de sonnerie électrique de quelque importance peut en faire usage ; il faut en effet au moins quatre éléments Leclanché à grande surface pour fournir une étincelle capable d'allumer le gaz, sans ratés trop fréquents.

Comme ces quatre éléments seraient trop puissants pour actionner une sonnerie, l'on en dérive deux que l'on réserve exclusivement au fonctionnement de la sonnette, tandis que tous quatre reliés en quantité, et dans le circuit desquels on introduit la bobine servant à obtenir l'étincelle nécessaire à l'enflammation du gaz¹. Une fois en possession de la pile, on réunit le conducteur du pôle négatif (zinc) à la canalisation de gaz et à un endroit quelconque de cette canalisation ; on le soude de préférence, de cette manière le contact est parfait. Ensuite le conducteur positif (charbon) est relié à une borne de la bobine d'induction, de la deuxième borne de la bobine le conduc-

1. Lorsque l'on ne fait pas usage de tube incandescent pour l'allumage des moteurs à gaz dans le cylindre, c'est de la manière décrite plus haut que l'explosion e-t obtenue, mais en faisant usage d'une pile au bichromate de soude ou de potasse.

teur se rend par dérivations successives à chacun des brûleurs ou plutôt d'un petit système particulier fixé à ces brûleurs; le système d'allumage proprement dit se compose d'une barrette de cuivre qui, par la manœuvre du robinet, vient buter contre un ressort d'acier.

Pendant la manœuvre du robinet, une issue, ménagée à cet effet, est découverte et livre passage à une petite partie de gaz; à ce moment, ou presque aussitôt après, la barrette quitte brusquement le ressort d'acier sur lequel elle s'appuyait provoquant l'étincelle électrique qui enflamme le gaz; en continuant sa course, le robinet découvre alors la partie principale du canillon, et le gaz s'allume définitivement tandis que la première issue découverte se referme; le bec est alors en fonction. Ces organes sont disposés de telle sorte qu'aucune explosion n'a lieu, cause fréquente de détérioration, si l'on ne prend pas de précautions suffisantes.

On construit aussi des manchons dont une partie est recouverte d'une composition de sel de platine; cette composition dure à peu près aussi longtemps que le manchon lui-même et donne d'assez bons résultats.

Il se fabrique aussi des becs, où l'on emploie une petite colonne de mercure destinée par la dilatation de l'air qui l'environne à découvrir ou à obturer le passage d'une petite quantité de gaz qui, en s'enflammant, enflamme à son tour le bec; ce dispositif assez compliqué n'est guère employé. Ces modes d'allumage, basés sur l'échauffement au rouge d'une mousse ou éponge de platine, ont d'ailleurs l'inconvénient de s'altérer très vite et par suite sont d'un usage assez réduit.

Enfin on assure l'allumage d'une ville entière, d'un point quelconque, d'une usine ou d'un bureau *ad hoc*, par le système Guyenot-Chateau; il se rapproche sensiblement de l'éclairage électrique par ce fait qu'il a lieu en manœuvrant des robinets placés sur un tableau de distribution, mais il

nécessite une installation particulière des brûleurs dans lesquels sont placés des petits électro-aimants, actionnant l'ouverture ou la fermeture des becs.

Un de nos distingués collègues a pris lui-même un brevet pour l'allumage ou l'extinction partiel ou total d'un nombre illimité de becs d'éclairage. Ce système (Mignac) peut rendre d'utiles services dans une grande ville et est ingénieusement établi, sa mise au point est un fait accompli maintenant, et il fonctionne dans d'excellentes conditions.

Les allumeurs extincteurs système Goté et les minuteriers fonctionnant à distance donnent de très bons résultats ; il en est de même pour l'allumeur l'« Alex. » Tous ces appareils permettent d'obtenir les plus heureux effets lumineux, en supprimant dans les becs droits et renversés les robinets, chaînettes, tiges d'allumage, etc.

CHAPITRE XIV

Renseignements complémentaires.

DIAMÈTRES INTÉRIEURS DES ARRIVÉES ET DES DÉPARTS IMMÉDIATS DES COMPTEURS, EN MILLIMÈTRES			
5 becs	10 becs	20 becs	30 becs
20 m/m.	25 m/m.	30 m/m.	40 m/m.

Au-dessus de 30 becs, s'en rapporter aux raccords d'arrivée et de départ.

DIAMÈTRES DES CANALISATIONS, EN MILLIMÈTRES				
NOMBRE de BECS	DIAMÈTRES		POIDS DE 1 MÈTRE en kilos	LONGUEUR DES COURONNES en mètres
	EXTÉRIEURS	INTÉRIEURS		
1	135	132	0,875	10
2 à 5	180	177	1,290	10
6 à 15	250	200	2,400	10
16 à 25	310	250	3,550	10
26 à 40	410	340	5,150	7 à 8
41 à 100	500	491	8,150	7 à 8
101 à 150	620	611	11,450	4
151 à 200	750	650	13,660	4

Pour les prix, l'on peut se baser sur une dépense de 3 francs pour une couronne n° 10 de 10 mètres de longueur, le cours variant continuellement et le plomb étant vendu au poids.

Prix des Becs « Abeille. » Série B.

N° 0. — BB.	4 fr. 50	|	N° 1.	4 fr. 60	|	N° 2.	2 fr.	
Robinet d'arrêts à veilleuse :			manette.	1 fr. 20				
—			chaînette	1 fr. 30				
Rhénomètres pour bec à incandescence.				0 fr. 95				
Tube métallique cuivre de 5 millim., le mètre courant.				2 fr. 30				
Raccords cuivre. Chaque.				0 fr. 70				
Manchons n° 0	0 fr. 30	à	0 fr. 60					
— n° 1	0 fr. 32	à	0 fr. 62					« Abeille »
— n° 2	0 fr. 34	à	0 fr. 64					
— n° 0, 1, 2.	1 fr.							
Becs complets n° 00.	5 fr.							} Visseaux
— 0.	6 fr.							
— 1.	6 fr.							
— 2.	6 fr. 50							
— 3.	6 fr. 50							
— 4.	7 fr.							
— 5.	7 fr.							
— 6.	10 fr.							
Becs renversés : Le Parisien (Abeille) :								
BB, complet avec tulipe.	5 fr. 30							
N° 2.	5 fr. 80							
Manchons monture stéatite n° BB et 2	0 fr. 56							
Bec intensif « Abeille » (90 litres) complet : bec, manchon, verre à trous, réflecteur.	3 fr. 80							

Fourneaux de Cuisine (Prix Courant).

A. Bellemère à deux feux, grilloir et rôtissoire :	
Fonte brute.	25 fr.
Emaillé	30 fr.
Modèle de la Société du Gaz de Paris :	
Fonte brute.	13 fr.
Fonte émaillée	17 fr.

Cuisinières à gaz. — Le prix de ces divers appareils varie naturellement avec leurs proportions, leurs usages et leur fabrication ; il s'en construit d'ailleurs à tous prix, depuis 90 francs sans pieds jusqu'à 1.000 francs, comprenant : bouilleur, grillade, rôtissoire, braisière, séchoirs, etc.

Il se fait aussi d'excellents modèles mixtes fonctionnant au gaz et au coke ou charbon de terre ; ces derniers appareils valent depuis 75 francs jusqu'à 800 francs, pour usages domestiques.

Les cheminées à gaz selon leur genre valent de 19 à 25 francs en fonte brute ou émaillée, jusqu'à 190 et 290 fr. en fonte et tôle émaillée ou cuivre et tôle émaillée.

Les calorifères se font de 50 à 70 francs en fonte et tôle ou tôle vernie et fonte émaillée ou nickelée.

Les compteurs à mesure invariable Duplex ont une valeur commerciale de :

5 becs.	75 fr.	80 becs	400 fr.
7 becs.	85 fr.	100 becs	500 fr.
10 becs.	95 fr.	150 becs	750 fr.
20 becs.	125 fr.	200 becs	1.000 fr.
30 becs.	165 fr.	300 becs	1.500 fr.
40 becs.	235 fr.	400 becs	2.000 fr.
60 becs.	340 fr.	500 becs	2.500 fr.

Mais on peut facilement trouver un compteur neuf d'une capacité de 5 becs pour 60 francs tout posé (Raccords, planchette, etc., non compris).

Les chauffe-bains instantanés en cuivre martelé cylindriques valent environ 130 francs.

Un distributeur automatique complet, cuivre rouge, vaut 225 francs, avec un débit de 12 litres d'eau à la minute, s'allumant à distance et s'éteignant automatiquement, pour bains, toilettes, offices, hôtels, etc.

En cuivre bronzé ou oxydé.	500 fr.
— nickelé.	600 fr.
Console support en plus.	20 fr.

Chauffe-eau pour coiffeurs, offices, etc. 2 litres d'eau à la minute. Consommation en service 400 litres à l'heure :

En cuivre poli.	60 fr.
— nickelé	69 fr.

Moteurs à Gaz (Modèles courants).

Moteurs à gaz, types verticaux :

1/4 de cheval . . .	300 litres à l'heure, 1 cylindre.	800 fr.
2/3 — . . .	650 — — — —	1.000 fr.
1 cheval 1/2. . .	800 — à l'h. p ^r chev.	1.300 fr.
3 chevaux. . . .	700 — — — —	2.100 fr.
5 —	650 — — — —	2.600 fr.
10 —	650 — — — — 2 cylindres.	5.200 fr.

Moteurs à gaz, types horizontaux, sans le socle. Consommation horaire 550 à 700 litres par cheval effectif :

2 chevaux, 1 cylindre.	4.950 fr.	} Spéciaux pour actionner des dynamos.
4 — — — —	2.400 fr.	
6 — — — —	3.100 fr.	
8 — — — —	3.500 fr.	
8 — — — — 2 cylindres	4.900 fr.	
12 à 14 — — — —	7.100 fr.	
16 à 18 — — — —	7.800 fr.	}
25 à 30 — — — —	10.000 fr.	
50 — — — —	14.500 fr.	

Les moteurs Otto, types horizontaux, consomment de 500 à 700 litres par cheval et se vendent :

1 cylindre :

Force effective en						
chevaux	1 ch.	2 ch.	3 ch.	4 ch.	8 ch.	10 ch.
Prix.	1.650	2.400	2.900	3.400	4.500	5.000
	14 ch.	20 ch.	25 ch.	30 ch.	40 ch.	50 ch.
	6.300	8.500	9.000	10.000	13.000	14.000
						15.000

2 cylindres :

Force effective en					
chevaux	6 ch.	9 ch. 1/2	15 ch.	20 ch.	25 ch.
Prix.	4.500	6.000	9.000	11.000	13.000
	30 ch.	40 ch.	50 ch.	70 ch.	120 ch.
	14.000	19.000	21.000	22.000	32.000

Les moteurs Otto, types verticaux, se vendent :

Force effect. en chevaux.	3/4	1 1/2	2 1/2	3 1/2	5	7 1/2
Prix du moteur.....	1.200	1.500	2.000	2.800	3.200	4.000

Les robinets d'arrivée ou de départ des compteurs se vendent approximativement :

5 becs. . . 3 fr. 20 | 10 becs. . . 5 fr. 70 | 20 becs. . . 8 fr. 80

Les robinets de barrage à tige (à souder) :

Diamètres intérieurs

en millimètres. . . 10 12 14 16 20
 Prix 2 fr. 20 2 fr. 40 2 fr. 60 3 fr. » 3 fr. 40

Les robinets à tête carrée avec double écrou de rappel (pour barrage de sûreté) :

Diamètres intérieurs en millimètres. . . 10 14 18
 Prix. 3 fr. 40 5 fr. 40 7 fr. »

Les robinets d'arrêts, spéciaux pour becs renversés ou destinés à alimenter des appareils d'éclairage placés hors de portée de la main, appelés sauterelles, valent, selon leur fabrication, de 3 à 4 francs.

Comme tous les prix indiqués ci-dessus sont sujets à de très grandes variations, il est inutile de s'éterniser sur cette question, et le mieux est de consulter un catalogue pour se donner une idée à peu près exacte de la valeur momentanée des marchandises.

Soudure. — La soudure des plombiers est composée de 33 % d'étain et de 67 % de plomb ; celle des ferblantiers se compose de 50 % d'étain et de 50 % de plomb, et se vend au cours du jour ; elle vaut moyennement 1 fr. 80 le

kilogramme en la prenant par 50 kilogrammes minimum, et au détail 2 fr. 50 le kilogramme, en baguettes.

Prix des Compresseurs Pharos et des Moteurs.

N ^{os} du compresseur	DÉBIT de L'INSTALLATION en mètres cubes	FORCE du MOTEUR électrique nécessaire en HP	PRIX du COMPRESSEUR correspondant	PRIX DU MOTEUR électrique, y compris les glissières et le rhéostat régulateur	PRIX DU MOTEUR mixte à gaz ou à essence
0	5	1/8	1.400 »	135 »	420 »
I	10 à 12	1/4	1.700 »	200 »	420 »
II	18 à 20	1/2	2.000 »	250 »	420 »
III	35 à 40	1	2.700 »	290 »	515 »
IV	70 à 80	2	4.200 »	390 »	750 »
V	100 à 120	3	5.000 »	510 »	1.025 »
VI	150 à 180	4	5.900 »	510 »	1.500 »
VII	230 à 250	5	7.200 »	710 »	1.500 »
VIII	320 à 350	6	8.400 »	710 »	2.050 »
IX	380 à 400	8	9.800 »	830 »	3.350 »

La commande peut également se faire au moyen d'une transmission existante.

Les moteurs électriques de 1/8 et de 1/4 HP ne compor-

tent pas de glissières. Pour les moteurs électriques, tous les prix ci-dessus s'entendent pour du courant continu à 110 volts.

Les moteurs mixtes à gaz ou à essence pour ces installations sont de 0 à II inclus de 3/4 HP; de VI à VII inclus de 5 HP; le VIII est de 7 HP. — De 0 à VIII le moteur est vertical; le IX est horizontal.

Prix des Lampes Pharos.

I. — Lampes d'extérieur.

Lampes Pharos :

N° 109, air ou gaz comprimé, à 1 brûleur de 18 millimètres, 200 bougies	55 fr.
N° 111, air ou gaz comprimé, à 1 brûleur de 22 millimètres, 750 bougies	190 fr.
N° 111, air ou gaz comprimé, à 1 brûleur de 26 millimètres, 1.000 bougies	200 fr.
N° 111, air ou gaz comprimé, à 1 brûleur de 31 millimètres, 1.500 bougies	220 fr.
N° 112, air ou gaz comprimé à 2 brûleurs de 22 millimètres, 1.500 bougies	245 fr.
N° 113, air ou gaz comprimé, à 3 brûleurs de 18 millimètres, 1.000 bougies	245 fr.
N° 113, air ou gaz comprimé, à 3 brûleurs de 22 millimètres, 2.000 bougies	290 fr.
N° 113, air ou gaz comprimé, à 3 brûleurs de 31 millimètres, 4.000 bougies	330 fr.

Supplément pour allumeur automatique :

Lampes de 200 à 2.000 bougies	45 fr.
Lampes de 4.000 bougies	57 fr.

II. — Lampes d'intérieur.

Lampes Pharos :

N° 203, air ou gaz compr., 1 brûleur, 300 à 1.000 bougies.	145 fr.
N° 200, air ou gaz compr., 1 brûleur, 300 à 500 bougies.	170 fr.

N° 205, air ou gaz compr., 1 brûleur, 300 à 4.000 bougies.	200 fr.
N° 207, air ou gaz compr., 4 brûleur, 300 à 4.000 bougies.	155 fr.
N° 209, air ou gaz compr., 4 brûleur, 300 à 4.000 bougies.	225 fr.
Supplément pour allumeur automatique.	45 fr.

La lampe n° 207 ne diffère de la lampe n° 209 que par l'absence des deux becs latéraux à basse pression.

La Question du Gaz à Paris.

L'on peut dire qu'à Paris deux importantes modifications ont changé les habitudes d'une grande partie de la classe ouvrière, la première fut celle concernant le métropolitain, la seconde l'abaissement du prix du gaz.

En effet, la vitesse avec laquelle le chemin de fer métropolitain nous mène actuellement d'un point à un autre joint au prix relativement peu élevé du mètre cube de gaz, l'exonération de tous frais accessoires afférents à son utilisation, ont décidé une quantité notable de travailleurs à profiter du peu de temps accordé pour leur déjeuner, à occuper ce temps à prendre leurs repas à leurs domiciles respectifs, ce qui autrefois était matériellement impossible.

L'ouverture des trois premières lignes du métropolitain (juillet 1900, avril 1903 et octobre 1904) coïncidait justement avec la diminution du prix du gaz (1903), ce qui amena une perturbation dans la vie économique, perturbation qui, il faut bien le reconnaître, tourna à l'avantage de tous.

Je ne rappellerai ici que pour mémoire les interminables débats qui eurent pour conséquence de doter la Ville Lumière d'une régie intéressée et ma foi qui donne dans une certaine mesure satisfaction à tout le monde, car, comme l'on pourra s'en rendre compte d'autre part, les résultats de l'exploitation sont plutôt merveilleux, et je doute fort qu'aucun autre régime n'eût été plus favorable, surtout aux finances de la ville et à la poche des contribuables ou des consommateurs.

Voici d'ailleurs quelques renseignements utiles à ce sujet.

En 1910, la vente du gaz a atteint le joli chiffre de 83.825.575 fr. 70 avec une augmentation sur 1909 de 3.908.464 fr. 97.

Le nombre d'abonnés au 31 décembre 1910 s'élevait à :

Ordinaires	358.468
Exonérés des frais accessoires ¹	295.072
Total.	<u>653.540</u>

Le nombre des becs en service s'est élevé à :

Papillons	1.239
Becs à incandescence.	<u>52.611</u>
Soit un total de.	53.850

Le nombre des conduites montantes était au 1^{er} septembre 1907² de 52.219.

Au 31 décembre 1910 ce nombre s'est élevé au chiffre de 55.078.

La canalisation s'est aussi progressivement élevée ainsi qu'il suit :

Au 31 décembre en 1906 elle était de	1.740.208	mètres.
— en 1907	1.761.517	—
— en 1908	1.794.318	—
— en 1909	1.819.137	—
— et en 1910	1.876.757	—

La vente du coke, du goudron, la location et location-vente des compteurs et les frais accessoires ont atteint 23.029.428 fr. 03
 ce qui, avec le prix de vente du gaz, soit. 83.825.575 70
 forme un total de 106.855.003 fr. 73
 sur lesquels 82.878.553 fr. 66 ont été affectés à l'exploitation, ce qui prouve en passant que tout n'est pas bénéfice.

1. A Paris, les abonnés ne figurant sur aucun rôle des contributions ne paient ni frais de branchement, ni frais de location de compteurs.

2. Date de prise de possession de la régie intéressée (Société du Gaz de Paris).

Le tableau suivant montre de façon éclatante les progrès toujours croissants du gaz d'éclairage.

Consommations annuelles de gaz pour Paris et la banlieue.

ANNÉES	MÈTRES CUBES	OBSERVATIONS
1855	40.774.400	
1856	47.335.475	
1857	56.042.240	
1858	62.159.300	
1859	67.628.166	
1860	75.518.922	
1861	84.230.676	
1862	93.076.220	
1863	100.633.258	
1864	109.610.003	
1865	116.171.727	
1866	122.334.605	
1867	136.569.762	Exposition (11.235.157 ^{m3}).
1868	138.797.811	
1869	145.199.424	
1870	114.476.904	Guerre. { 30.721.520 en moins. 26.993.558 en moins.
1871	87.481.316	
1872	147.668.331	
1873	154.397.118	
1874	160.652.202	
1875	175.938.244	
1876	189.209.789	
1877	191.197.278	
1878	211.949.517	Exposition (20.752.289 ^{m3}).
1879	218.813.875	
1880	244.345.324	
1881	260.926.769	
1882	275.368.705	
1883	283.864.400	
1884	287.443.562	
1885	286.463.999	
1886	286.851.360	
1887	290.774.540	
1888	297.697.820	
1889	312.258.070	Exposition (14.560.230 ^{m3}).
1900	326.243.306	
1901	315.532.959	
1902	319.326.987	
1903	345.112.848	Abaissement de prix de 0 fr. 30 à 0 fr. 20 le m. ³ dont 344.157.847 pour Paris.
1904	363.678.167	
1905	379.773.895	
1909	429.241.411	
1910	442.504.375	Paris seulement ; plus 7.983.620 pour la banlieue (Inondations).

Et cependant que sont ces consommations auprès de celle de Londres, par exemple, où l'on consomme une moyenne annuelle de plus d'un milliard de mètres cubes de gaz. Et quoique cette ville ait une population de 5 millions d'habitants, il n'en n'est pas moins vrai qu'à elle seule elle consomme plus du double, près du triple même du gaz consommé à Paris.

Eclairage au Gaz surpressé à Paris.

C'est rue du 4-Septembre qu'ont eu lieu les premiers essais d'éclairage au gaz surpressé, ensuite place de l'Opéra, place de la Concorde et une partie du boulevard Raspail.

Rue du 4-Septembre, place de l'Opéra, boulevard Raspail, l'éclairage est obtenu au moyen de lampes modèle Gretzine. Voici d'ailleurs les voies actuellement pourvues de ce mode d'éclairage :

RUES	MODÈLES	POUVOIR LUMINEUX		NOMBRE de LAMPES
		EN BOUGIES		
		Par bec	Total	
4-Septembre	Gretzine .	6 de 4.000	33.000	14
		4 de 2.000		
		7 de 1.000		
Place de la Concorde.	Pharos...	12 de 1.350	20.200	14
		2 de 2.000		
Boulevard Raspail....	Gretzine .	84 de 2.000	280.000	112
		28 de 4.000		

Ce gaz est livré à 0,143 atmosphère, plus exactement à 0,135.470 atmosphère¹.

1. La pression étant de 140 centimètres d'eau, l'on obtient le résultat ci-dessus comme il a été dit dans un chapitre précédent par la formule : $\frac{140}{1033} = 0,1354695$ et le reste, soit environ $\frac{1}{7}$ d'atmosphère.

Chaque lanterne est munie de 3 becs renversés à incandescence dont 1 est indépendant des 2 autres de façon à rester allumé seul à partir de minuit, ce qui réduit au tiers par conséquent le nombre de bougies émises par chaque appareil, la consommation étant réduite de même.

Il est nécessaire pour obtenir ce mode d'éclairage d'installer en plusieurs endroits des surpresseurs destinés à capter le gaz dans les canalisations et à l'envoyer au moyen de ventilateurs spéciaux dans des conduites plus résistantes et de là aux brûleurs. Ce dispositif a l'inconvénient de grever légèrement le prix de revient de l'éclairage, mais le résultat obtenu tant au point de vue du rendement lumineux qu'au point de vue financier est si prodigieux que l'on a décidé pour 1911 d'appliquer ce système aux rues des Ecoles, Linné et Monge¹, par le poste de compression situé boulevard Raspail; aux rue du 4-Septembre, place de la Bourse, rue Réaumur, rue du Temple, place de la République, rue de Bretagne, et de la place de la République à l'Opéra, par le poste situé près la place de la République.

Ensuite, la rue de Rivoli en sera pourvue ainsi que la place Péreire, le boulevard Malesherbes, l'avenue de Villiers, l'avenue de Wagram, le boulevard Berthier, un poste de compression devant être établi place de l'Etoile; il en sera de même pour le square Vintimille et le boulevard de Clichy, ces dernières voies ne devant recevoir ce mode d'éclairage qu'en 1912.

A ce sujet qui est pour Paris tout nouveau et plein d'avenir voici reproduit in extenso le travail auquel s'est livré, avec son habituelle clairvoyance, la Société française de Chaleur et Lumière et à laquelle je suis heureux de rendre publiquement ici un hommage si mérité. Les

1. En service maintenant.

maisons Gretzine, Kern et d'autres encore, faisant aujourd'hui ce mode d'éclairage très avantageusement.

Eclairage ultra-intensif Pharos. — La Société française de Chaleur et Lumière a résolu le problème de l'éclairage intensif à grande puissance, dans son bec Pharos, au moyen soit de la compression de l'air, soit de la compression du

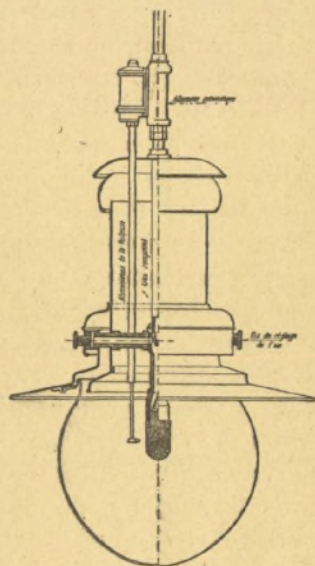


Fig. 22.

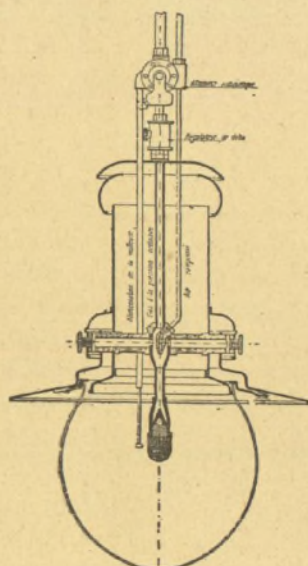
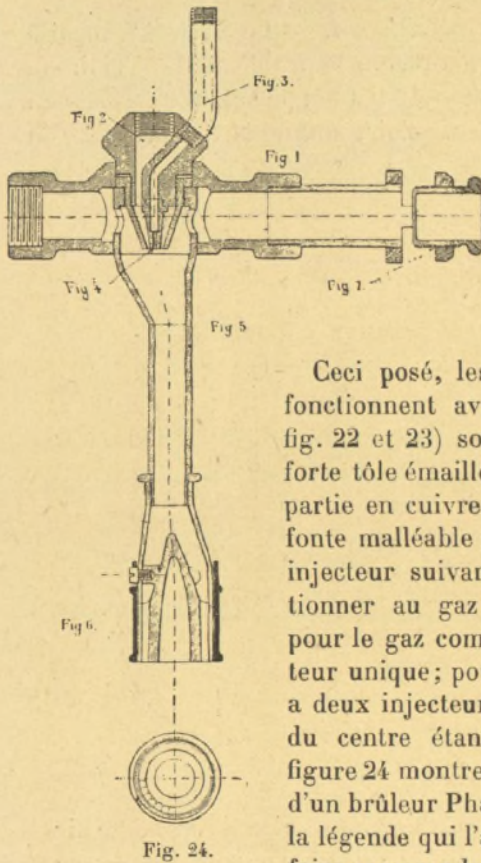


Fig. 23.

gaz, mais en aucun cas par la compression du mélange air et gaz, en raison du danger que pourrait présenter ce mode de procéder, si, par hasard, ces deux fluides se trouvaient réunis dans les proportions voulues pour constituer un mélange détonant.

Les résultats obtenus sont analogues, et l'une ou l'autre disposition peut être choisie selon les cas particuliers et les préférences de la clientèle. Il y a lieu de remarquer

que, dans le cas de l'air comprimé, la canalisation peut avoir un assez faible diamètre, car, dans le système



Pharos, l'on ne conduit au bec, sous forme d'air comprimé, qu'une partie de l'air nécessaire à la combustion, soit un quart environ, l'excédent étant fourni par l'atmosphère et à la pression ordinaire.

Ceci posé, les lampes Pharos, qui fonctionnent avec bec renversé (voir fig. 22 et 23) sont construites en très forte tôle émaillée. Les brûleurs sont en partie en cuivre fondu et en partie en fonte malléable ; ils diffèrent par leur injecteur suivant qu'ils doivent fonctionner au gaz ou à l'air comprimé : pour le gaz comprimé, il y a un injecteur unique ; pour l'air comprimé, il y a deux injecteurs concentriques, celui du centre étant l'injecteur d'air. La figure 24 montre la disposition de détail d'un brûleur Pharos à air comprimé, et la légende qui l'accompagne suffit à en faire comprendre le principe.

L'appareil de compression (fig. 25) se compose :

- 1° D'un réservoir d'aspiration *s* avec un tuyau *a* d'aspiration de l'air ou du gaz et un autre conduit *b* d'aspiration vers la pompe ;
- 2° D'un réservoir de compression *d* ;
- 3° D'une pompe *c* rotative et foulante ;

4^o D'un régulateur de pression *r* réglé à la pression de 1.400 millimètres d'eau.

Le gaz, ou l'air, entre, à la pression ordinaire, dans le réservoir *s* d'aspiration ; il est alors puisé par la pompe et amené dans le réservoir *d* de compression.

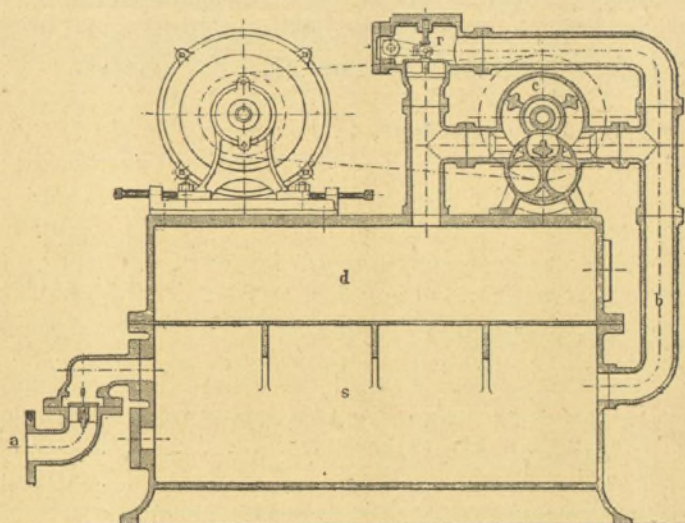


Fig. 25.

Le régulateur, placé sur le départ de la pompe, fonctionne au moyen d'un clapet qui s'ouvre à une pression déterminée et permet au gaz ou à l'air de revenir par un by-pass vers l'aspiration de la pompe. La pression dans le réservoir de compression reste ainsi invariable, quelle que soit la consommation.

L'allumage et l'extinction sont produits automatiquement, au moyen d'une veilleuse, qui, dans le cas du gaz comprimé, n'est pas constante, par le jeu d'un tiroir mis en mouvement par la mise en marche ou par l'arrêt du compresseur. Toutefois, ces opérations peuvent également

être faites à la main, et l'on a ainsi la faculté d'éteindre un certain nombre de becs avant l'heure de l'extinction générale.

Le constructeur garantit un rendement de 5 à 6 litres par carcel.

Les lampes sont munies de globes, et l'on préconise les globes clairs pour l'éclairage public et des globes mi-dépolis verticalement pour l'éclairage des étalages, la partie dépolie étant tournée vers l'extérieur.

D'après le constructeur, la consommation du moteur actionnant le compresseur est très réduite et ne nécessite, par exemple, pour un compresseur de 10.000 bougies, qu'un moteur de 1/4 HP, qui, ne fonctionnant pas à pleine charge, consommera environ 0,2 kilowatt, à l'heure. Le prix de revient de 5.000 bougies, au rendement de 6 litres par carcel, peut donc s'établir comme suit, avec du gaz à 0 fr. 20 et le kilowatt-heure de force motrice à 0 fr. 30 :

5.000 × 0 lit. 6 = 3.000 lit. ou 3 m. ³ à 0 fr. 20 = 0 fr. 60.	0 fr. 60
0 kilowatt, 2 à 0 fr. 30 le kilowatt	0 fr. 06
Total	0 fr. 66

entretien non compris.

Ce récent système d'éclairage est appliqué sur la place de la Concorde à Paris et dans plusieurs autres endroits.

Description des Appareils Pharos.

Ainsi qu'on l'a vu par ce qui précède, l'éclairage par les appareils *Pharos* peut être obtenu :

- a) Par la compression du gaz;
- b) Par la compression de l'air.

Pour obtenir les meilleurs résultats au point de vue de la répartition de la lumière, il est bon, dans certains cas, de ne pas adopter les foyers les plus puissants. En outre,

il faut considérer qu'il y a toujours lieu de choisir une hauteur de candélabre en rapport avec l'intensité des lampes. Plus le pouvoir éclairant sera grand, plus il faudra élever la lampe au-dessus du sol, sans toutefois exagérer.

En pratique, les foyers lumineux de 1.000-1.500 bougies seront les plus appropriés pour l'éclairage des villes.

Pour ces intensités, la hauteur du foyer au-dessus du sol devra être de 5 à 7 mètres.

Lampes. — Les lampes sont construites en très forte tôle émaillée à une température de 4.000°. Cette tôle, recouverte d'émail, offre une résistance presque illimitée à l'influence des produits de la combustion et aux intempéries.

Les brûleurs sont en partie en cuivre fondu et, pour le reste, en fonte malléable. Leur résistance est ainsi très grande.

L'allumage et l'extinction des lampes se font automatiquement par le jeu d'un allumeur automatique. La construction des plus simples et des plus robustes de cet allumeur automatique rend son fonctionnement absolument sûr. Par la simple mise en marche ou par l'arrêt du compresseur, les becs s'allument ou s'éteignent automatiquement. Néanmoins l'allumage et l'extinction des becs peuvent se faire à la main. Il sera donc facile d'éteindre seulement une partie des becs *Pharos* à minuit et de continuer l'éclairage

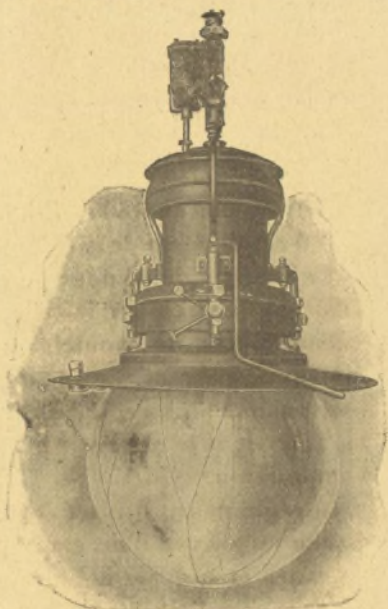


Fig. 26.

jusqu'au moment de l'extinction générale par l'autre partie, si on ne veut pas purement et simplement utiliser les lanternes ordinaires pour l'éclairage après minuit.

Compresseur. — Le compresseur se compose :

1) D'un réservoir d'aspiration qui évite l'emploi d'une poche en caoutchouc dans le cas où on utilisera le système par compression du gaz ;

2) D'un réservoir de compression ;

3) De la pompe rotative fonctionnant par la rotation en sens contraire de deux arbres munis d'ailettes qui aspirent et refoulent le gaz ou l'air sans à-coups et avec un minimum de frottements ;

4) Du régulateur de pression réglé une fois pour toutes à une pression de 1.400 millimètres d'eau $1/7$ d'atmosphère, — 10 centimètres de mercure.

Le nombre de lampes en service est absolument sans effet sur la pression initiale, et ce système ne nécessite aucune poche de caoutchouc compensatrice, aucun gazomètre encombrant. Le gaz ou l'air entre à la pression ordinaire dans le réservoir d'aspiration. La pompe puise le gaz ou l'air dans le réservoir et le pousse vers le réservoir de compression.

Le régulateur est placé sur le départ de la pompe. Il fonctionne au moyen d'un clapet qui s'ouvre à la pression fixée d'avance et qui permet au gaz ou l'air de revenir par un by-pass vers l'aspiration de la pompe. Grâce à ce système, la pression dans le réservoir de compression restera donc absolument invariable, quelle que soit la consommation et même si celle-ci était nulle.

Les avantages de ce système de compression sont considérables :

1) La sécurité de fonctionnement est absolue. Il ne demande aucune surveillance. Le graissage se fait au moyen de graisseurs à bague ;

2) L'appareil est rigoureusement étanche ;

3) Il fonctionne sans aucun bruit et sans trépidations, ne comportant pas de pistons ;

4) La force motrice qu'il nécessite est insignifiante, les frottements étant réduits au minimum ;

5) L'encombrement est très peu considérable, etc.

Prix de revient de l'éclairage par :

1. L'incandescence électrique ;

2. L'arc voltaïque ;

3. L'incandescence par le gaz à la pression ordinaire ;

4. Le système *Pharos* ;

pour un pouvoir éclairant de 5.000 bougies et un prix de gaz de 0 fr. 20 le m.³, un prix du courant électrique de 0 fr. 70 le kilowatt (pour l'éclairage).

Ces deux prix ont été choisis pour base de comparaison, car si on considère pour le gaz le prix de 0 fr. 20, c'est bien, pour l'électricité, le prix de 0 fr. 70 qu'il faut mettre en regard.

Comme base de ce calcul, il a été pris une durée d'éclairage de 1.000 heures.

I. — Éclairage par l'incandescence électrique.

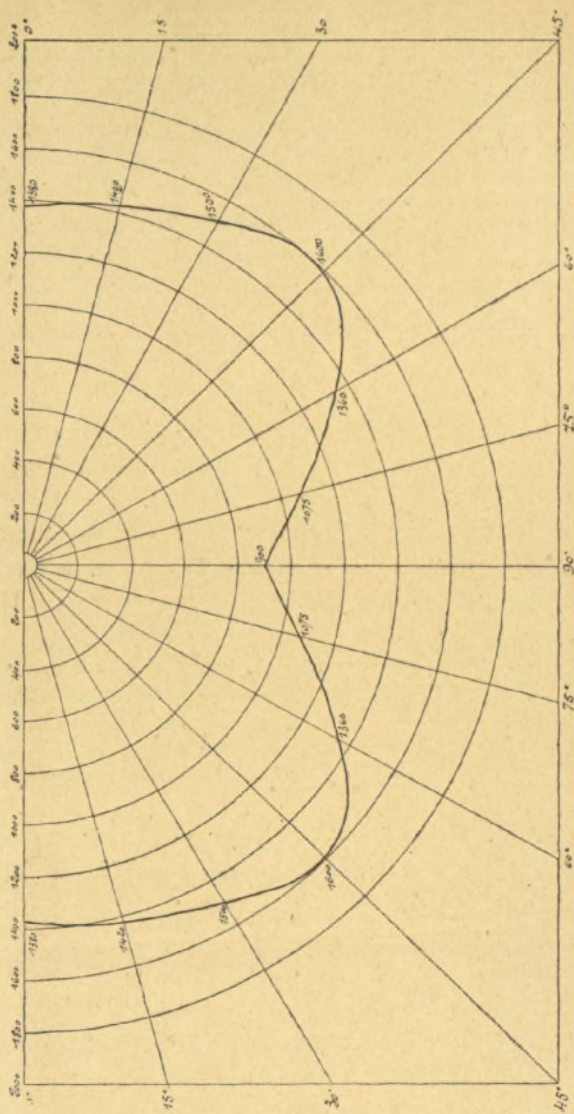
Pour obtenir 5.000 bougies avec des lampes à incandescence électriques à filaments de charbon, il faudra, en prenant des lampes de 16 bougies :

$$5.000 : 16 = \text{environ } 313 \text{ lampes.}$$

Une lampe de 16 bougies consomme, à raison de 3,5 watts par bougie, 56 watts à l'heure. Les 313 lampes à filaments de charbon consommeront donc :

$$313 \times 56 \text{ watts} = 17.528 \text{ watts} = 17 \text{ kilowatts } 528$$

*Courbe des intensités lumineuses d'une lampe "Pharos"
à air comprimé à 160 de 1500 bougies*

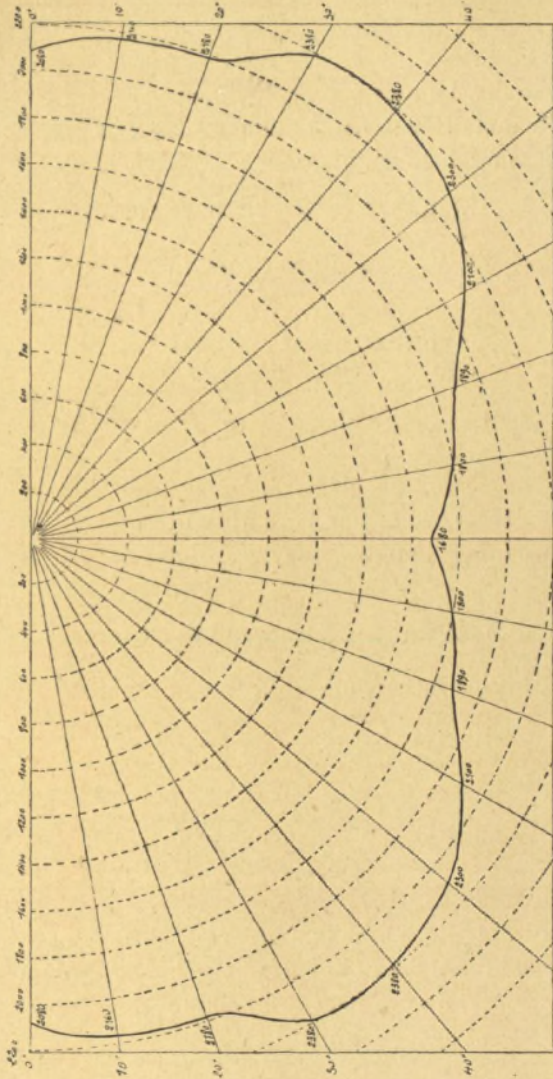


Intensité lumineuse d'une lampe "Pharos" à air comprimé à 1450 de 1450 bougies

*Construites par le Bureau de la Ville de Paris, 1775
Commencées par l'ingénieur - Bureau, 1854*

Fig. 27.

Course sur Intensités lumineuses d'une lampe à gaz comprimé à deux bec



Intensité lumineuse, système moyen @ 190 bougies

Intensité lumineuse de gaz @ 190 bougies

Consuming power of gas (15, 70%) @ 1 litre per hour

Fig. 28.

à raison de 0 fr. 70 le kilowatt, les 5.000 bougies coûteront :

$$\begin{aligned} 17.528 \times 0 \text{ fr. } 70 &= 12 \text{ fr. } 27 \text{ à l'heure} \\ \text{ou en 1.000 heures} &. \quad 12.270 \text{ fr.} \end{aligned}$$

Avec des lampes à incandescence de 16 bougies à filaments métalliques consommant 4,25 watt par bougie, on aurait comme consommation :

$$(16 \times 4 \text{ watt } 25) \times 313 = 6.260 \text{ watts} = 6 \text{ kilowatts } 26$$

à raison de 0 fr. 70 le kilowatt, les 5.000 bougies coûteront :

$$\begin{aligned} 6,26 \times 0 \text{ fr. } 70 &= 4 \text{ fr. } 38 \text{ à l'heure} \\ \text{ou en 1.000 heures} &. \quad 4.380 \text{ fr.} \end{aligned}$$

II. — *Éclairage par l'arc voltaïque.*

En pratique, on peut admettre que 500 bougies demandent 500 watts par l'arc voltaïque.

Pour 5.000 bougies, il faudra donc :

$$\begin{aligned} 5.000 : 500 &= 10 \text{ lampes à arc de 500 watts} \\ 5.000 \text{ watts} &= 5 \text{ kilowatts à l'heure.} \end{aligned}$$

Ces 5 kilowatts coûteront :

$$\begin{aligned} 5 \times 0 \text{ fr. } 70 &= 3 \text{ fr. } 50 \text{ à l'heure} \\ \text{ou en 1.000 heures.} &. \quad 3.500 \text{ fr.} \end{aligned}$$

III. — *Éclairage par l'incandescence par le gaz à la pression ordinaire.*

Pour obtenir 5.000 bougies avec des becs à incandescence ordinaire de 90 bougies pour 110 litres-heure de gaz, il faudrait 86 de ces becs ordinaires.

Ces becs consommeraient :

$$86 \times 110 \text{ litres} = 6.160 \text{ litres} = 6 \text{ m.}^3 \text{ 160.}$$

Ces 6.160 litres coûteraient, à raison de 0 fr. 20 le m.³ :

$$6.160 \times 0 \text{ fr. } 20 = 1 \text{ fr. } 23 \text{ à l'heure}$$

$$\text{ou en 1.000 heures . } 1.230 \text{ fr.}$$

IV. — Éclairage *Pharos*.

Pour l'éclairage *Pharos*, le rendement est de 0,5 litre à la bougie.

Pour 5.000 bougies, il faudra donc :

$$5.000 \times 0,5 = 2.500 \text{ litres} = 2 \text{ m.}^3 \text{ 5.}$$

Ces 2,5 m.³ coûtent, à raison de 0 fr. 20 le m.³ :

$$2,5 \times 0 \text{ fr. } 20 = 0 \text{ fr. } 50 \text{ à l'heure}$$

$$\text{ou en 1.000 heures . } 500 \text{ fr.}$$

La consommation du moteur actionnant le compresseur est très réduite. Pour un compresseur de 10.000 bougies, il faut un moteur de 1/4 HP, qui, ne fonctionnant pas à pleine charge, consommera environ 0,2 kilowatt à l'heure.

A raison de 0 fr. 30 le kilowatt-heure, la dépense sera donc :

$$\text{de 0 fr. } 06 \text{ à l'heure ou pour 1.000 heures : } 60 \text{ fr.}$$

Les 1.000 bougies *Pharos* coûteront donc :

$$500 \text{ fr.} + 60 \text{ fr.} = 560 \text{ fr.}$$

Comparativement à l'éclairage à arc voltaïque, les frais d'entretien sont incomparablement moins élevés par le système *Pharos*. Les lampes à arc demandent le renouvellement quotidien des charbons et un nettoyage fréquent. Les lampes *Pharos* n'exigent un nettoyage que toutes les 2 ou 3 semaines.

Comparativement à l'éclairage ordinaire par incandescence par le gaz, l'économie est de même très appréciable. — En effet, les frais de remplacement des verres sont sup-

primés et il n'y a lieu de remplacer qu'un seul manchon au lieu de 5, ou 8, ou 10 — 5.000 bougies coûtent donc pour 1.000 heures :

Avec l'incandescence électrique avec des lampes à filaments de charbon	12.270 fr.
Avec l'incandescence électrique avec des lampes à filaments métalliques	4.380 fr.
Avec l'arc voltaïque	3.500 fr.
Avec l'incandescence par le gaz à la pression ordinaire.	1.230 fr.
Avec le système « <i>Pharos</i> »	560 fr.

Comme on le voit, par les résultats ci-dessus, l'amortissement de l'installation *Pharos* est vite réalisé.

De plus, l'éclairage des lampes *Pharos* est absolument fixe et bien plus beau que celui de l'arc voltaïque.

Les données et résultats indiqués pour les lampes *Pharos* — prises ici comme exemple — peuvent s'appliquer à tous les genres similaires d'éclairage au gaz de ville comprimé, mais celles-ci ayant donné des preuves très réelles, tant au point de vue du fonctionnement que du bon rendement économique, je les ai choisies à titre d'indication comme devant satisfaire à toutes les exigences de la pratique usuelle.

CONCLUSION

La conclusion sera aussi brève que l'ont été les explications fournies au cours de ce petit livre; ce qui en découlera naturellement, c'est l'étendue formidable qu'a acquise cette brillante industrie et les ressources que l'on en peut tirer.

Certes, notre élégante rivale, l'électricité, joue un rôle important dans la science de l'éclairage, et ses applications nombreuses ne nous laissent pas indifférents; mais quand on considère le fond des choses, l'on s'aperçoit vite qu'avec les progrès nouveaux se créent aussi des besoins nouveaux et que les anciens illuminants qui satisfaisaient amplement autrefois n'ont pas empêché l'huile, le pétrole, le gaz et l'électricité de se développer sans cesse, sans pour cela réduire sensiblement la production des précédents combustibles.

Il y a de la place pour tous, ici-bas, et l'on arrive à en user davantage, d'où il s'ensuit un bien-être plus étendu, voilà tout !...

J'espère, néanmoins, avoir rempli le rôle que je m'étais tracé au début, renvoyant le lecteur que cela intéresserait particulièrement aux ouvrages plus importants qui ne manquent d'ailleurs pas.

L'on remarquera aussi que j'ai laissé de côté la fabri-

cation même du gaz d'éclairage, cette fabrication se trouvant décrite dans tous les recueils existant à ce jour; en outre, la transformation moderne des usines doit donner de bien meilleurs résultats que jusqu'alors, mais n'est pas encore assez avancée pour être décrite maintenant.

L'avenir seul nous renseignera sur ce point.

FIN

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
INTRODUCTION.	v
CHAPITRE I ^{er} . — Histoire de l'éclairage; réverbères, lampes Argand, Quinquet, etc.	1
CHAPITRE II. — Notions sur le gaz d'éclairage; composition, matières propres à sa fabrication	4
CHAPITRE III. — Houilles propres à la fabrication du gaz d'éclairage; densité, rendement, produits de la distillation, pouvoir éclairant	7
CHAPITRE IV. — Unités et étalons; vitesse de la lumière, unités C. G. S., lampe Carcel, description, étalons en usage, calorie, etc., etc.	13
CHAPITRE V. — Consommation moyenne des becs d'éclairage au gaz de ville; comparaison, becs Auer, Abeille, Kern, Visseaux. Bec Bunsen, éclairage Drumond. . .	29
CHAPITRE VI. — Cuisinières et fourneaux à gaz; combustion. Etude par M. A. Lecomte.	37
CHAPITRE VII. — Chauffage au gaz; la chaleur, chaleur latente, chaleur spécifique, consommations, radiateurs, étude sur le chauffage, chaudière Ramassot, applications, avantages, description, chauffage central . .	59
CHAPITRE VIII. — Moteurs à gaz; historique, consommations. Frein de Prony. Gaz pauvre ou gaz à l'eau, gaz des hauts-fourneaux	124

	Pages
CHAPITRE IX. — Sous-produits du gaz : coke, poêle « le Coq, » goudron, huiles lourdes, benzol, ammoniac	134
CHAPITRE X. — Note sur le gaz acétylène; prix de revient comparé pour une année	140
CHAPITRE XI. — Considérations sur l'énergie électrique; comparaison hygiénique.	142
CHAPITRE XII. — De la verrerie dans l'éclairage; cheminées ordinaires, en mica, holophanes.	145
CHAPITRE XIII. — Des différentes sortes d'allumage: allumoir à alcool, self-allumeur, étincelle électrique, manchons auto-allumeurs.	147
CHAPITRE XIV. — Renseignements complémentaires; diamètres intérieurs des arrivées et des départs immédiats des compteurs, diamètres des canalisations, prix des divers appareils. Soudure. La question du gaz à Paris, consommation, éclairage au gaz surpressé à Paris, lampes Pharos, surpresseurs.	151
CONCLUSION	175

La première usine à gaz de

Paris, fut située rue du Faubourg Poissonnière, dans l'hôtel où naquit François de Neufchâteau, ministre de l'intérieur sous le Directoire. C'est à ce Neufchâteau que revient le mérite d'avoir fondé les premières expositions industrielles françaises.

IMPRIMERIE CENTRALE DE L'OUEST

56-60, rue de Saumur

LA ROCHE-SUR-YON

(VENDÉE)

4,80

Recherche de fuites de gaz
et d'acétylène

Lorsqu'une fuite de gaz se produit dans la canalisation, il est très dangereux de la rechercher au moyen d'une flamme de bougie ou de lampe promenée le long des tuyaux ; c'est un moyen que les gaziers seuls peuvent employer étant à même de juger si la proportion de gaz dans l'air est dangereuse. Voici un moyen sûr et très facile à employer :

Passez sur les conduites une éponge fort imbibée d'eau de savon, de manière à ce que la surface du métal soit recouverte de liquide, ne fût-ce qu'un instant ; s'il y a une fuite, si légère soit-elle, vous verrez aussitôt se dégager des bulles de savon.



LIBRAIRIE GÉNÉRALE SCIENTIFIQUE & INDUSTRIELLE

H. DESFORGES

29, Quai des Grands-Augustins, 29 — PARIS (6^e)

**Nouvelle Encyclopédie pratique
du BATIMENT et de l'HABITATION**

RÉDIGÉE PAR

René CHAMPLY, Ingénieur

avec le concours d'Architectes et d'Ingénieurs spécialistes

Cette Encyclopédie comprendra 15 volumes avec nombreuses figures

IL PARAÎTRA 1 VOLUME TOUTS LES 2 MOIS ENVIRON

Prix de chaque volume :

Broché 1 fr. 50 | Relié percaline. 2 fr.

PRÉFACE

Il existe déjà de nombreux ouvrages traitant des diverses connaissances que doivent posséder celui qui veut faire bâtir et ceux qui font les travaux de construction des maisons. Certains de ces livres sont trop techniques pour être compris par les personnes n'ayant pas une instruction professionnelle spéciale; d'autres, conçus d'une façon très pratique, mais écrits il y a déjà longtemps, ne sont pas à jour des progrès réalisés dans le mode de construction des bâtiments.

Nous nous proposons, dans cette *Nouvelle Encyclopédie du Bâtiment*, de réunir toutes les données pratiques consacrées par l'expérience en laissant de côté les considérations trop théoriques pour être comprises par tout le monde; nous ferons une large part aux méthodes modernes et à l'emploi des machines dans les divers travaux de terrassement et de construction.

Les quinze petits volumes de ce travail dont nous donnons ci-après la nomenclature s'adressent surtout aux architectes, aux entrepreneurs, aux maçons et aussi aux propriétaires qui y trouveront des renseignements succincts, précis et pratiques, applicables immédiatement dans la construction des maisons telles qu'on doit les concevoir de nos jours.

Programme de la Collection :

(Les volumes publiés sont indiqués par un astérisque)

- | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| * 1 ^{er} vol. Arpentage, nivellement, terrassement, sondages, fondations. | 9 ^e vol. Peinture et vitrerie. Revêtements intérieurs et extérieurs. |
| * 2 ^e — Maçonnerie, pierre, brique, pierres artificielles, mortiers, pisé et torchis. | 10 ^e — Chauffage et ventilat. oû. |
| * 3 ^e — Travaux en ciment et béton armés. | 11 ^e — Eclairages divers. |
| * 4 ^e — Charpentes en bois et échafaudages. | 12 ^e — Eau et assainissement Fosses septiques. |
| * 5 ^e — Charpentes métalliques. | 13 ^e — Sonneries d'appartements, téléphones, porte-voix. Paratonnerres. |
| * 6 ^e — Couverture des bâtiments. | 14 ^e — Ascenseurs et monte-charge. |
| * 7 ^e — Menuiserie. | 15 ^e — Architecture à la ville et à la campagne. Plans de maisons et villas. |
| * 8 ^e — Serrurerie. | |

Le prospectus détaillé de cette Collection sera envoyé sur demande

Envoi franco contre mandat-poste