

Auteur ou collectivité : Germinet, Gustave

Auteur : Germinet, Gustave (18..-18..)

Titre : L'éclairage à travers les siècles

Auteur : Germinet, Gustave (18..-18..)

Titre du volume : Tome X

Collation : 1 vol. (474 p., 40 f. de pl.) : ill. en noir et en coul., 28 cm

Cote : Ms 34

Sujet(s) : Éclairage ; Éclairage au gaz ; Éclairage électrique ; Éclairage public -- France -- Paris (France)

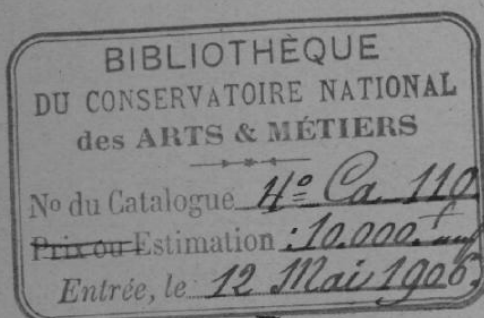
URL permanente : <http://cnum.cnam.fr/redir?MS34>











# L'ÉCLAIRAGE

A TRAVERS LES SIÈCLES

Par Gustave Germinet

X



1892

# L'ÉCLAIRAGE

A TRAVERS LES SIÈCLES

Par Gustave Gervin

X



1892



ECLAIRAGE

MODERNE





# ECLAIRAGE

## MODERNE



ECLAIRAGE

MODERNE





# ECLAIRAGE

## AU GAZ

(SUITE)



ECLAIRAGE

AU GAZ

(SUITE)



Chapitre 1<sup>er</sup>.

---

*Frais annuels pour  
l'éclairage public de  
Paris*

*1817 - 1882*

---





*Etat des dépenses annuelles  
de l'éclairage public de Paris  
1817 — 1882.*

Nature des dépenses	Eclairage		Dépenses totales annuelles
	huile	gaz	
Année 1817 <sup>(1)</sup>			
Eclairage des rues etc			
Nombre de becs 10589			
(chacun bec consommant deux gros et un cinquième ancien poids ou 8 <sup>6</sup> / <sub>41</sub> d' huile).			
Nombre de lanternes			
..... 4521			
Nombre total d'heures de service 31,825,185 <sup>h</sup> / <sub>55</sub>			
Dépenses annuelles de duction faite des retenues ou autres .....	556,506	26	
Frais d'établissement et de remplacement d'appareils	3,329	22	
(allocation par bec et par heure de service 0 <sup>f</sup> .0175)			
Eclairage des galeries du palais - royal.			
Nombre de becs 121			
" de lanternes 55			
Nombre total d'heures de service .. 421,790 <sup>h</sup> / <sub>45</sub>			
Dépenses annuelles de duction faites des retenues ou autres	6247	31	566 082 79
—			
Pour l'éclairage du Palais Royal le paiement à l'entre- preneur était calculé sur le			

*(1) Jusqu'en 1859 les dépenses d'éclairage sont comprises dans les budgets de la Préfecture de police et à partir de cette époque de*

Nature des dépenses	Eclairage 3		Dépenses totales annuelles
	huile	3 2 4	
nombre d'heures de service et la consommation normale des becs, déduction faite de la portion de la dépense payée par Monseigneur le Duc d'Orléans.			
Année 1818			
Eclairage des rues et			
Nombre de becs 10,618			
"    de lanternes 4,533			
Nombre total d'heures de service 32,373,731. <sup>h</sup> 55 <sup>m</sup>			
Dépenses annuelles déduction faite des retenues ou autres . . . .	564,847	26	
Frais d'établissement et de remplacement d'appareils . . . . .	3,361	67	
(allocation par bec et par heure de service 0 <sup>fr</sup> .0175)			
Eclairage des galeries du Palais Royal.			
Nombre de becs 121			
"    de lanternes 55			
Nombre total d'heures de service 522,054. <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup>			
Dépenses annuelles déduction faite des retenues ou autres . . . . .	8001	91	
Dépenses extraordinaires	16,016	52	592,227 36
Indemnité aux entrepreneurs de l'éclairage pour 1818 (suivant ordonnance royale de 1817)			135000 "

Nature des dépenses	Eclairage		Dépenses totales annuelles
	huile	gaz	
Année 1819			
Eclairage des rues etc			
Nombre de becs 10672			
" de lanternes 4553			
Nombre total d'heures de service 32,222,849 <sup>h</sup> 35"			
Dépense annuelle déduc- tion faite des retenues ou autres . . . . .	562,831	16	
Frais d'établissement et de remplacement d' appareils . . . . .	3,800	31	
(collocation par bec et par heure de service 0 <sup>f</sup> .0149)			
Eclairage des galeries du Palais - Royal.			
Nombre de becs 121			
" de lanternes 55			
Nombre total d'heures de service 339,344 <sup>h</sup> 30"			
Dépenses annuelles déduction faite des re- tenues annuelles ou autres . . . . .	4804	50	571,435 97
Année 1820			
(Les renseignements manquent)			
Année 1821			
Eclairage des rues etc			
Nombre de becs 11,048			
" de lanternes 4600			
Nombre total d'heures de service 35,509,912 <sup>h</sup> 10"			
Dépenses annuelles dé- duction faite des retenues ou autres . . . . .	493,712	39	

Nature des dépenses	Eclairage		Dépenses totales annuelles
	brute	net	
Frais d'établissement et de remplacement d' appareils . . . . .	1572	18	
(allocation par bec et par heure de service 0 <sup>f</sup> .0149)			
Eclairage des galeries du Palais-Royal			
Nombre de becs . . 121			
„ de lanternes 55			
Nombre total d'heures de service 340,373 <sup>h</sup>			
Dépenses annuelles, déduction faite des re- tenues ou autres . . .	3937	53	
une autre somme est portée pour . . . . .	3887	10	503,109 20
—			
Année 1822			
Eclairage des rues etc			
Nombre de becs 10,980			
„ de lanternes 4,607			
Nombre total d'heures de service 34,173,944 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup>			
Dépenses annuelles de- duction faite des rete- nues ou autres . . . . .	503,325	47	
Frais d'établissement et de remplacement d'app- areils . . . . .	2,184	70	
(allocation par bec et par heure de service 0 <sup>f</sup> .0149)			
Eclairage des galeries du Palais Royal.			
Nombre de becs . . . 121			
„ de lanternes 55			
Nombre total d'heures de service 339,405 <sup>h</sup>			
Dépenses annuelles de- duction faite des retenues ou autres	3923	12	



Nature des dépenses.	Éclairage à		Dépenses totales annuelles
	huile	gaz	
une autre somme est portée pour . . . . .	804	14	510,237 43
Année 1823			
Éclairage des rues etc			
Nombre de becs 11020			
"    de lanternes 4635			
Nombre total d'heures de service 34,316,376 <sup>h</sup> .47 <sup>m</sup>			
Dépenses annuelles déduction faite des re- tenues ou autres . . . .	510029	81	
Frais d'établissement et de remplacement d'appareils . . . . .	581	39	
(allocation par bec et par heure de service 0 <sup>f</sup> .0149)			
Éclairage des Galeries du Palais Royal -			
Nombre de becs . . 121			
Nombre de lanternes 55			
Nombre total d'heures de service 338,060 <sup>h</sup> .15 <sup>m</sup>			
Dépenses annuelles de- duction faite des rete- nues ou autres . . . .	3903	10	
une autre somme est portée pour . . . . .	485	64	514999 94
Année 1824			
Éclairage des rues etc			
nombre de becs 11,205			
"    de lanternes 4,703			
nombre total d'heures de service 35,124,230 <sup>h</sup> .37 <sup>m</sup>			
Dépenses annuelles de- duction faite des rete- nues ou autres . . . .	518,335	06	

Nature des dépenses	Éclairage		Dépenses totales annuelles
	huile	gaz	
Frais de remplacement et d'établissement d'appareils	2620	65	
(allocation par bec et par heures de service 0.0149)			
Éclairage des galeries du Palais - Royal.			
Nombre de becs . . . . .	121		
" de lanternes . . . . .	55		
Nombre total d'heures de service 325,031 <sup>h</sup> .			
Dépenses annuelles dé- duction faite des retenues ou autres . . . . .	3708	96	524664 67
Année 1825			
Éclairage des rues etc			
Nombre de becs . . . . .	11379		
" de lanternes 4804			
nombre total d'heures de service . . . . .	35,223,319 <sup>h</sup> .	32	
Dépenses annuelles déduc- tion faite des retenues ou autres . . . . .	520875	32	
Frais d'établissement et de remplacement d'ap- pareils . . . . .	91	16	
(allocation par heure et par bec de service 0.0149)			
Éclairage des galeries du Palais - Royal.			
Nombre de becs . . . . .	121		
" de lanternes . . . . .	55		
Nombre total d'heures de service 330,075 <sup>h</sup> .			
Dépenses annuelles déduction faite des retenues ou autres	3784	10	
Dépenses extraordinaires	3850	30	528600 88

Nature des dépenses	Eclairage à		Dépenses totales annuelles
	huile	gaz	
Année 1826			
Eclairage des rues etc			
nombre de becs 11,472			
„ de lanternes 4,850			
Nombre total d'heures de service 36,256,585 <sup>h</sup> .38			
Dépenses annuelles			
déduction faite des retenues ou autres . .	436,481	28	
Frais d'établissement et de remplacement d'appareils . . . . .	2,500	„	
(allocation par bec et par heure de service 0 <sup>e</sup> .0149)			
Eclairage des galeries du Palais Royal.			
Nombre de becs . . 118			
„ de lanternes 53			
Nombre total d'heures de service 330,960 <sup>h</sup>			
Dépenses annuelles			
déduction faite des retenues ou autres . .	3797	31	542778 59
Année 1827			
Eclairage des rues etc			
Nombre de becs 11,548			
„ de lanternes 4,882			
Nombre total d'heures de service 36,409,417 <sup>h</sup> .22			
Dépenses annuelles de			
-duction faite des retenues ou autres . . . . .	533 877	41	
Frais d'établissement et de remplacement d'appareils 2500		„	
(allocation par bec et par heure de service 0 <sup>e</sup> .0149)			

Nature des dépenses	Éclairage		Dépenses totales annuelles
	huile	gaz	
Éclairage des galeries du Palais Royal.			
Nombre de becs 115			
" de lanternes 55			
Nombre total d'heures de service 328,913 <sup>h</sup>			
Dépenses annuelles déduction faite des retenues ou autres.	3766	81	540,144 22
Année 1828			
Éclairage des rues et			
Nombre de becs 11,956			
" de lanternes 5,123			
Nombre total d'heures de service 36,450,464 <sup>h</sup> 40"			
Dépenses annuelles déduction faite des retenues ou autres	541,982	50	
Éclairage des galeries du Palais Royal			
Nombre de becs 103			
" de lanternes 49			
Nombre total d'heures de service 290,484 <sup>h</sup>			
Dépenses annuelles déduction faite des retenues ou autres	3194	22	
Éclairage des ponts du Canal S <sup>t</sup> Martin.			
Nombre de lanternes 37			
Nombre d'heures de service 67,447 <sup>h</sup> 10"			
Dépenses d'éclairage	975	16	
Frais d'établissement et de remplacement d'appareils dans les rues de Paris, le Palais Royal et l'installation			



Nature des dépenses	L'éclairage à		Dépenses totales annuelles
	huile	gaz	
de ceux des Ponts du Canal St Martin . . . . .	14723	94	
(allocation par bec et par heure de service 0. <sup>f</sup> 0149)			
Eclairage des deux rives du Canal St Martin :			
Nombre de lanternes . . 75			
Nombre d'heures de service 148,062 <sup>h</sup> 15.			
Dépenses d'éclairage	10,292	23	
Frais d'établissement d'appareils . . . . .	10,560	"	
L'éclairage des deux rives du Canal St Martin qui était produit avec des appareils Bordier- Marcet a commencé le 9 Mars 1828. Le prix a été arrêté à 7 centimes par heure et par bec.			
Eclairage des galeries des rues de Rivoli et de Castiglione.			
Nombre d'appareils . . 10			
Nombre d'heures de service . . . 17721 <sup>h</sup> 30 <sup>f</sup>			
Dépense d'éclairage . .	1240	87	
(Les frais d'établisse- ment ne figurent pas aux comptes des dépenses de cette année)			
L'éclairage Bordier- Marcet, des rues de Rivoli et de Castiglione était fait aux mêmes conditions qu'au canal St Martin pour les deux rives.			
			592968 92

Nature des dépenses	Eclairage à		Dépenses totales annuelles
	huile	gaz	
En 1818, on a com- -mencé à installer des appareils publics au gaz. Voici les frais d'établissement de ces derniers.			
Appareils à gaz rue de la Paix Dix colonnes en fonte avec lanternes et acces- -soires à 300 <sup>f</sup> . par colonne . . . . .		3000	
Place Vendôme Quatre colonnes avec fourniture et pose des conduites en plomb nécessaires pour amener le gaz, travaux de ter- -rasse et de pavage . . ( ces appareils n'ont fonctionné qu'à partir de 1819 )		2123 50	5123 50
<hr/> Année 1829 ( Les renseignements concernant l'éclairage à l'huile manquent pour cette année )			
Eclairage au gaz Rue de la Paix			
Nombre d'appareils . 10			
Rue de Castiglione . . 12			
Place Vendôme . . . . 4			
<hr/>			
Nombre total des boes 26			
Nombre total d'heures de service 95823 <sup>h</sup> .			
Dépenses d'éclairage		5669 40	

Nature des dépenses	Eclairage		Dépenses totales annuelles	
	huile	gaz		
Frais d'établissement et d'entretien d'appareils (allocation par bec et par heure de service 0.06) Le prix stipulé était de 6 centimes par heure et par bec de lumière. Les frais d'entretien de chaque lanterne s' élevaient à 2 <sup>e</sup> /2 par jour - Année 1830 (Les renseignements manquent pour cette an- née, sauf ceux ci-après : Gaz Eclairage des rues et place de l'Odéon - (ce service a commencé le 1 <sup>er</sup> Septembre 1819) Nombre d'appareils .. 12 " de bocs .. 12 Nombre d'heures de service .. 33,424 <sup>h</sup> 30 Dépense d'éclairage Etablissement d'appareils (somme payée) . . . (allocation par bec et par heure 0.06) Eclairage de la rue du 29 Juillet . (Le service a commencé le 17 Avril 1830) Nombre d'appareils .. 5 " de bocs .. 5 Nombre d'heures de ser- vice 18,427 <sup>h</sup> 30" Dépenses d'éclairage - Etablissement d'appareils (somme payée) . . .		237 25		
		2005 08		
		109 50	2114 58	
		1105 67		
		45 63	1151 30	

Nature des dépenses	Eclairage à l'huile		Dépenses totales annuelles	
	huito	922		
Allocation par bec et par heure de service 0 <sup>f</sup> .06)				
Eclairage de la rue Neuve Bourg l'Abbé (Ce service a commencé le 11 Septembre 1830)				
Nombre d'appareils . . . 2				
"    de becs . . . 2				
Nombre d'heures de service . . . . . 7131 <sup>h</sup>				
Dépenses d'éclairage . .		442 23		
Etablissement d'appareils (somme payée) . . . .		18 25	460	48
Allocation par bec et par heure de service 0 <sup>f</sup> .06)				
<hr/>				
Année 1831				
Eclairage à l'huile des rues etc .				
Nombre de becs 12349				
"    de lanternes 5,217				
Nombre d'heures de service 38,836,105 <sup>h</sup> .39				
Dépenses d'éclairage . .	634327	35		
Frais d'établissement et de remplacement d'appareils . . . . .	10811	24	654138	59
Allocation par bec et par heure de service 0 <sup>f</sup> .0647)				
<hr/>				
Dépenses relatives au remplacement et à la réparation, en 1831, de lanternes et accessoires, détruits lors des émeutes de Décembre 1830, Février, Avril, Juin, Septembre et Octobre 1831.				



Nature des dépenses	Éclairage		Dépenses totales annuelles
	huile	gaz	
Fourniture de lanternes nouves . . . . .	4421	10	
Fourniture et réparation de cages de lanternes	1693	75	
" de chapiteaux de lanternes . . . . .	148	"	
Fourniture de carreaux de lanternes . . . . .	572	40	
" de poutres de réverbères . . . . .	369	50	
" de tentures de lanternes en fer . . . .	187	"	
Escoff et pose de ces tentures . . . . .	360	"	
Fourniture de cordes de suspension . . . . .	462	"	
Fourniture et réparation de lampes et pompes . . .	430	95	
Fourniture et réparation de porte-mèche, coquilles et récipients . . . . .	112	90	
Fourniture et réparation de bandes, lunettes et réflecteurs . . . . .	404	25	
Travaux et fournitures pour diverses réparations de charnières de cages, verres de lanternes, grilles, lampes, boîtes de lanternes etc . . . . .	90	05	
Paiement à l'entrepre- neur de l'éclairage des fournitures et ré- parations par lui faites pour la mise en état de 62 lanternes, lunettes, 2 bandes, 31 coquilles et 81 cages endommagées dans les émeutes de			

Nature des dépenses	Eclairage		Dépenses totales annuelles
	huile	gaz	
Avant, Juin et Septembre 1831, l'édile dépense réglée suivant procès-ver- bal d'après expertise . .	2350	35	
	11,602	25	
Honoraires du lampiste expert chargé par l'adm <sup>n</sup> de la vérification des ouvrages exécutés par l'entrepreneur de l'éclairage pour les réparations sus- énoncées . . . . .	18	"	
Total de la dépense de rem- placement etc et objets divers des parties majeures	11,620	25	
<hr/>			
Eclairage au gaz de la rue des Pyramides			
<hr/>			
Nombre de bœcs . . . . . 6			
de lanternes . . . . . 6			
(L'éclairage a commencé le 12 Janvier 1831)			
Nombre d'heures de service 21,146 <sup>h</sup> 40			
Dépenses d'éclairage (allocation par bœc et par heure de service 0 <sup>fr</sup> 06)		1268	80
Frais d'établissement d'appareils . . . . .		1287	92
(Le surplus de la dépense totale s'élevant à 2280 <sup>fr</sup> a été payé par les pro- priétaires riverains).			2556
Eclairage du boulevard des Italiens .			72
Nombre de bœcs . . . . . 4			
de lanternes . . . . . 4			

Nature des dépenses	Eclairage 5		Dépenses totales annuelles	
	huils	424		
(L'éclairage a commencé le 5 Avril 1831)				
Nombre d'heures de service 10,090 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup>				
Dépenses d'éclairage (Allocation par bec et par heure de service 0.06)		605 44		
Frais d'établissement d'appareils (somme payée) . . . . .		27 10	632 54	
Eclairage du carrefour Grillon .				
Nombre de becs . . . 2				
"      de lanternes 2				
(L'éclairage a commencé le 5 Avril 1831)				
Nombre d'heures de service . . . 3817 <sup>h</sup> 5 <sup>m</sup>				
Allocation par bec et par heure de service 0.06)				
Dépenses d'éclairage		229 01		
Frais d'établissement et d'appareils (somme payée)		13 55	242 56	
Eclairage du marché des innocents .				
Nombre de becs . . . 24				
"      de lanternes 24				
(L'éclairage a commencé le 9 Avril 1831)				
Nombre d'heures de ser- vice . . . . 12,989 <sup>h</sup>				
Dépenses d'éclairage compris entretien . . .		779 34		
(allocation par bec et par heure de service 0.06)				
Frais d'établissement d' appareils . . . . .		7727 75	8507 09	



Nature des dépenses	Eclairage à		Dépenses totales annuelles
	huile	gaz	
D'après M. Martin			
St Geron (1) l'éclairage			
de Paris a coûté en			
1831 :			
Huile . . . . .	740835	14	
Gaz . . . . .		21571	92
			762407 06
Année 1832			
Eclairage à l'huile			
des rues etc .			
Nombre de becs	12438		
" de lanternes	5247		
Nombre d'heures de ser-			
-vice . . . 40,093,930 <sup>h</sup>			
20 <sup>m</sup> .			
Dépenses d'éclairage.	651,716	09	
(allocation par bec et par			
heure de service 0 <sup>fr</sup> .01647)			
Eclairage des galeries			
des rues de Rivoli			
et Castiglione .			
(commencé en 1829)			
Nombre de becs . .	13		
" de lanternes	13		
Nombre d'heures de			
service 48,067 <sup>h</sup> .50 <sup>m</sup>			
Dépenses d'éclairage.	3364	68	
(all <sup>fr</sup> par bec et par heure			
de service 0 <sup>fr</sup> .07)			
Cet éclairage était obtenu			
avec des appareils Bordier -			
Marcet.			
—			

(1) Renseignements statistiques des recettes et dépenses de la ville de Paris de 1797 à 1840.

Nature des dépenses	Eclairage		Dépenses totales annuelles
	huile	gaz	
Dépenses relatives au remplacement et à la réparation des lanternes et accessoires détruits lors des émeutes des 1, 2 et 3 Avril et des évé- nements des 5 et 6 Juin 1832.			
—			
Fourniture de lanternes nouves . . . . .	4039	20	
Fourniture et répa- ration de corps de lanternes . . . . .	1823	85	
Fourniture de chapiteaux de lanternes . . . . .	362	50	
Fourniture et pose de carreaux de lan- ternes . . . . .	1775	65	
Fourniture de poutres de réverbères . . . .	1160	75	
Fourniture de cordes, de turbine et de sus- pension . . . . .	973	25	
Fourniture de tentures de lanternes en fer . .	141	"	
Facon et pose de ces tentures . . . . .	725	"	
Fourniture et réparation de ports-mêches . . .	932	50	
Fourniture et réparation de lampes et pompes .	755	55	
Fourniture et répara- tion de bandes, lu- nettes et anses . . . .	892	25	
Fourniture, pose, scellement et pein- ture d'un prototype de lanterne . . . . .	103	76	

Nature des dépenses	Eclairage à		Dépenses totales annuelles
	huile	Gaz	
Fourniture, réparation, peinture et numérotage des boîtes de lanternes	240	20	
	13,425	46	
Supplément de dépense à l'occasion du choléra en 1832.			
—			
Eclairage des bureaux de secours outre les lampes entretenues à l'extérieur pendant toute la durée des nuits, pour un service qui ne pouvait être suspendu; une lanterne à verre de couleur rouge avait été placée à l'extérieur de chaque bureau afin d'en in- diquer l'entrée au public.			
Les frais d'établis- sement, d'allumage et d'entretien de ces lampes et lanternes y compris quelques frais accessoires se sont élevés à . . .	6924	53	
—			
Eclairage au gaz des rues de la Poix, Castiglione et Place Vendôme.			
Nombre de becs 26			
« de lanternes 26			
Nombre d'heures de service 95,602 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup>			
Dépenses d'éclairage	5642	44	

Nature des dépenses	Éclairage		Dépenses totales annuelles
	huile	gaz	
(allocation par bec et par heure de service 0 <sup>f</sup> .06)			
—			
Éclairage des rue et place de l'Odéon.			
Nombre de becs . . . 12			
„ de lanternes . 12			
Nombre d'heures de service 93,532 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup>			
Dépenses d'éclairage compris entretien . . .		2121 75	
(allocation par bec et par heure de service 0 <sup>f</sup> .06)			
Éclairage de la rue du 29 Juillet.			
Nombre de becs . . . 5			
„ de lanternes . . 5			
Nombre d'heures de service 18,487 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup>			
Dépenses d'éclairage compris entretien . . .		1155 „	
(allocation par bec et par heure 0 <sup>f</sup> .06)			
—			
Éclairage de la rue Neuve Bourg l'Abbé			
Nombre de becs . . . 2			
„ de lanternes . 2			
Nombre d'heures de ser- vice 7395 <sup>h</sup>			
Dépenses d'éclairage compris entretien . . .		462 „	
(allocation par heure et par bec de service 0 <sup>f</sup> .06)			
Éclairage de la rue des Pyramides.			
Nombre de becs . . . 6			
„ de lanternes 6			



Nature des dépenses	Éclairage		Dépenses totales annuelles
	huile	gaz	
Nombre d'heures de service 22,185 <sup>h</sup>			
Dépenses d'éclairage compris entretien... (allocation par bec et par heure de service 0.06)		1836	"
Éclairage du boule- vard des Italiens.			
Nombre de becs... 4			
" de lanternes 4			
Nombre d'heures de service... 14790 <sup>h</sup>			
Dépenses d'éclairage compris entretien... (allocation par bec et par heure de service 0.06)		924	"
Éclairage du carre- four Grillon.			
Nombre de becs... 2			
" de lanternes 2			
Nombre d'heures de service 5,588 <sup>h</sup> 45"			
Dépenses d'éclairage compris entretien (allocation par bec et par heure de service 0.06)		353	63
Éclairage du marché des Innocents.			
Nombre de becs... 24			
" de lanternes 24			
Nombre d'heures de service 29,240 <sup>h</sup>			
Dépenses d'éclairage compris entretien... (allocation par bec et par heure de service 0.06)		1974	"



Nature des dépenses	Eclairage		Dépenses totales annuelles
	huile	gaz	
<u>Eclairage de la rue de Peletier.</u>			
Le service a commencé le 10 Juin 1832. Le prix des candélabres a été acquitté par le Ministre de l'Intérieur.			
Nombre de becs . . . 4			
„ de lanternes 4			
Nombre d'heures de service . . . 7802 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup>			
Dépenses d'éclairage compris entretien . . .		487 50	
(allocation par bec et par heure de service 0 <sup>f</sup> .06)			
Frais d'établissement et d'appareils . . . . .		511 19	
<u>Eclairage de la rue Neuve S<sup>t</sup> Georges.</u>			
Les frais de premier établissement ont été à la charge des proprié- taires riverains.			
Nombre de becs . . 6			
„ de lanternes 6			
Nombre d'heures de service . . . 8830 <sup>h</sup>			
Dépenses d'éclairage compris entretien . .		548 10	
(allocation par bec et par heure de service 0 <sup>f</sup> .06)			
<u>Le service a commen- cé le 1<sup>er</sup> Septembre 1832.</u>			

Nature des dépenses	Eclairage à				Dépenses totales annuelles	
	huile		gaz			
D'après M. Martin S. <sup>r</sup>						
Sur l'éclairage de						
Paris a coûté en 1831 :	757,841	99	15,896	11	773,738	10
— " 1833	733,969	92	17,371	59	751,341	51
— " 1834	759,267	08	19,690	48	778,957	56
— " 1835	757,604	76	26,982	"	784,586	76
— " 1836	736,005	40	44,852	"	780,857	40
Année 1837						
Huile						
Nombre de bœcs	11657					
Nombre d'heures de ser-						
-vice	38,069,777	47				
Dépenses d'éclairage	624,260	14				
Frais d'établissement et						
de remplacement d'app-						
-reils . . . . .	8187	90				
(allocation par bœc et						
par heure de service						
(0 <sup>e</sup> 01647).						
Gaz						
Eclairage des rues etc						
Nombre de bœcs . .	999					
Nombre total d'heures						
de service	2,185,931	35				
Dépenses d'éclairage						
et entretien . . . . .			105301	21		
Frais d'établissement						
et de remplacement d'						
appareils . . . . .			359667	54		
On a installé pendant						
cette année 574 lanternes						
à gaz avec consoles ou						
canotolabres Bœ du Nord,						
de la Madeleine, Place						
S <sup>t</sup> Antoine, sur les bords de						
l'église de N. D. de Vo-						
-rolle, rue de Rivoli et						
rues adjacents aux						

Nature des dépenses	Eclairage à		Dépenses totales annuelles	
	huile	gaz		
Halles du centre, sur le Pont-neuf, sur les bords de la Banque de France, où il y avait 39 lanternes (seulement et établissem- ent à pris de sa charge 28 53.50), quai de Pelletier, place de la Bourse, diverses rues du Quartier St Jacques, St Marcet et Jardin du roi etc.				
Année 1837				
(d'après M. Martin St-Hérem)	725 588	90	94615 67	820,204 57
Dépenses recapitulatives d'après M. Martin St-Hérem				
Année 1838 - - -	716 281	97	162550 "	878 831 97
" 1839 - - -	681 035	36	195011 "	876 046 26
" 1840 - - -	548 705	06	338628 06	887,330 12
Relevés recapitulatifs d'après les résumés statistiques des re- cettes et dépenses de la ville de Paris.				
Année 1841				
Service de l'éclairage à l'huile	559 832	20		
Etablissement de lanternes et frais d'améliorations	29 899	43		
Service de l'éclairage au gaz - - - - -			434726 42	
Etablissement d'appareils et frais d'améliorations			239314 81	1,263,773 36

Nature des dépenses	Eclairage		Dépenses totales annuelles	
	huile	gaz		
Année 1842				
Service de l'éclairage à l' huile . . . . .	478,836	92		
Etablissement des lan- ternes et frais d'amé- liorations . . . . .	34,994	98		
Service de l'éclairage au gaz . . . . .		657,104	77	
Etablissement d'appa- reils et frais d'amélio- rations . . . . .		459,508	74	1,630,445 46
—				
Année 1843				
Service de l'éclairage à l' huile . . . . .	381,603	54		
Etablissement des lan- ternes et frais d'amé- liorations . . . . .	23,667	"		
Service de l'éclairage au gaz . . . . .		855,216	51	
Etablissement d' appareils et frais d' améliorations . . . . .		278,885	92	1,539,372 97
—				
Année 1844				
Service de l'éclairage à l'huile . . . . .	351,596	02		
Etablissement de lan- ternes et frais d'amé- liorations . . . . .	8,100	"		
Service de l'éclairage au gaz . . . . .		1,002,216	83	
Etablissement d'appareils et frais d'améliorations		196,904	66	1,558,817 51
—				
Année 1845				
Service de l'éclairage à l' huile . . . . .	319,822	21		



Nature des dépenses	Éclairage		Dépenses totales annuelles
	huile	gaz	
Établissement de lanternes et frais d'améliorations .	14175 55		
Service de l'éclairage au gaz . . . . .		1,079,784 64	
Établissement d'appareils et frais d'améliorations . .		255,835 50	1,679,738 "
—			
Année 1846			
Service de l'éclairage à l'huile . . . . .	302,584 76		
Établissement d'appareils et frais d'améliorations .	15855 26		
Service de l'éclairage au gaz .		1,242,172 97	
Établissement d'appareils et frais d'améliorations .		139,231 19	1,699,844 18
—			
Année 1847			
Service de l'éclairage à l' huile . . . . .	295,890 44		
Établissement d'appareils et frais d'améliorations .	15,400 "		
Service de l'éclairage au gaz . . . . .		1,186,592 72	
Établissement d'appareils et frais d'améliorations .		159,449 08	1,651,332 24
—			
Année 1848			
Service de l'éclairage à l' huile . . . . .	235285 24		
Établissement de lanternes et frais d'améliorations .	36100 29		
Service de l'éclairage au gaz .		1,314,347 15	
Établissement d'appareils et frais d'améliorations .		254266 15	1,839,998 83



Voici le détail des frais relatifs à l'éclairage  
publié en 1848 :

## Huile

Désignation	Nombre de heures	Nombre d'heures de service	Prix à l'heure	Total
Eclairage des rues etc	3 401	10,438,533 <sup>h</sup> 40 <sup>r</sup>	1 <sup>e</sup> 30 67	
d <sup>e</sup>		4,231,874 <sup>h</sup> 40 <sup>r</sup>	1 <sup>e</sup> 10 00	
d <sup>e</sup>	5	6,932 <sup>h</sup> 30 <sup>r</sup>	1 <sup>e</sup> 28 8	
Eclairage d'appareils			5 <sup>e</sup> 10 00	
à déduire retenues - - -				8 906 - 63
Partie d'éclairage à la charge de Berç pour celui du B <sup>d</sup> valérieux entre Berç et Charenton - - - - -				1 340. 48
Dépenses d'éclairage à l'huile - - -				10 247 1
				219,145 8

## Gaz

Désignation	Nombre de heures	Nombre d'heures de service	Prix à l'heure	Total
Eclairage des rues etc	16	49,879 <sup>h</sup> 5 <sup>r</sup>	" 02	997
d <sup>e</sup>	57 60	10,538,159 <sup>h</sup> 40 <sup>r</sup>	" 02 <sup>44</sup>	503,571
d <sup>e</sup>	6 48	2,366,304 <sup>h</sup> 45 <sup>r</sup>	" 03 <sup>42</sup>	80,917
d <sup>e</sup>	4 15	1,482,814 <sup>h</sup> 40 <sup>r</sup>	" 04 <sup>86</sup>	72,361
d <sup>e</sup>	3 12 6	9,692,065 <sup>h</sup> 45 <sup>r</sup>	" 03 <sup>58</sup>	339,222
d <sup>e</sup>	4 16	1,517,397 <sup>h</sup>	" 04 <sup>3</sup>	74,352
d <sup>e</sup>	2 53	912,032 <sup>h</sup> 55 <sup>r</sup>	" 07 <sup>2</sup>	63,842
		38,064 <sup>h</sup>	" 06 <sup>2</sup>	2,283
à reporter				1,137,558

Report 1,137,558 18

Transféré au compteur

1 Appareil placé au Carrousel 2730<sup>rs</sup> 2<sup>me</sup> 0.14

- - - - - 6661.69

Entretien des appareils à l'heure

à raison de 0<sup>rs</sup> 04 par bec et par jour 148,136.04

Salaires mensuels des ouvriers - 900. " 155,697 73

---

1,293,255.91

Sur lesquels il y a à déduire :

Retenues - - - - - 895<sup>rs</sup> 97

Éclairage des abords de la

Banque (portion à la charge de

cet établissement - - - - - 600. " 8695 97

---

1,284,559.94

Frais d'établissement

Achat de lanternes - - - - - 43,689. " }

" de candélabres et consoles 60,976.34 } 339,048.33

Travaux d'établissement - - - 234,382.99

---

Dépenses pour l'éclairage au gaz - - - 1,623,608.27Note. - Dans cette dépense il y a soit (sur adju-  
dication :657 candélabres à 73<sup>rs</sup> 621600 lanternes à - 27<sup>rs</sup> 24970 consoles à - - - 12<sup>rs</sup> 12

Extrait du résumé statistique des recettes  
et dépenses de la ville de Paris de 1841 à 1850

**Eclairage.** — L'éclairage offre une augmentation encore plus considérable (quoiqu'au nettoien et l'arrosage des voies publiques) qui est due, comme le précédent, à l'ouverture de nouvelles rues et places et en outre, à une amélioration notable dans le mode et dans la distribution de l'éclairage. Les sous articles 3<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> qui comprennent les dépenses de ce service, élèvent pour les dix années de 1841 à 1850 à 16,445,37 tandis que dans la période précédente, les articles analogues ne montent qu'à 9,068,111<sup>fr</sup> 30, d'où il résulte un excédent de 7,377,463<sup>fr</sup> 77. On remarquera, que pendant que les dépenses de l'éclairage à l'huile vont en diminuant d'année en année, celles de l'éclairage au gaz s'accroissent dans une proportion incomparablement plus grande. Comme moyen d'appréciation, il suffit de voir le tableau ci-après donnant la situation comparative des deux modes d'éclairage en 1840 et 1850, avec les quantités et les dépenses constatées d'après les comptes publiés par la Préfecture de Police.

	Années	Recs		Dépenses	
Eclairage à l'huile	1840	10,833	"	548,705.06	"
	1850	"	25,334	"	117,307.
Eclairage au gaz	1840	2796	"	335,931.81	"
	1850	"	11,665	"	1536,66
		13,629	14,199	884,636.87	1,653,971

Il a été dépensé en outre 2,399,013<sup>fr</sup> 87 pour l'établissement de nouveaux appareils de l'éclairage au gaz de 1841 à 1850.

*Relevés récapitulatifs d'après  
le résumé statistique des recettes et dépenses  
de la ville de Paris*

<i>Nature des dépenses</i>	<i>Eclairage à</i>		<i>Dépenses</i>	
	<i>huile</i>	<i>gaz</i>	<i>totales</i>	<i>annuelles</i>
<i>Année 1844</i>				
<i>Service de l'éclairage à l'huile . . . . .</i>	<i>177,439</i>	<i>54</i>		
<i>Etablissement de lanternes et frais d'améliorations . . . . .</i>	<i>1,949</i>	<i>34</i>		
<i>Service de l'éclairage au gaz . . . . .</i>			<i>1,446,465</i>	<i>85</i>
<i>Etablissement d'appareils et frais d'améliorations . . . . .</i>			<i>256,357</i>	<i>53</i>
			<i>1,882,212</i>	<i>26</i>
<i>Année 1850</i>				
<i>Service de l'éclairage à l'huile . . . . .</i>	<i>120,142</i>	<i>70</i>		
<i>Etablissement de lanternes et frais d'améliorations . . . . .</i>	<i>14,818</i>	<i>79</i>		
<i>Service de l'éclairage au gaz . . . . .</i>			<i>1,399,839</i>	<i>53</i>
<i>Etablissement d'appareils et frais d'améliorations . . . . .</i>			<i>168,339</i>	<i>24</i>
			<i>1,703,040</i>	<i>26</i>
<i>Récapitulation de dix années (période décennale 1845-1850)</i>				
<i>Service de l'éclairage à l'huile . . . . .</i>	<i>3,223,033</i>	<i>67</i>		
<i>Etablissement de lanternes et frais d'améliorations . . . . .</i>	<i>205,060</i>	<i>64</i>		
<i>Service de l'éclairage au gaz . . . . .</i>			<i>10,618,467</i>	<i>89</i>
<i>Etablissement d'appareils et frais d'améliorations . . . . .</i>			<i>2,399,012</i>	<i>87</i>
<i>Total . . . . .</i>	<i>3,428,094</i>	<i>31</i>	<i>13,017,480</i>	<i>76</i>
			<i>16,448,675</i>	<i>07</i>



*Dépenses totales annuelles  
pour l'éclairage de Paris.*

Année 1851 . . . . .	1,914,028.79
" 1852 . . . . .	1,885,165.58
" 1853 . . . . .	1,917,492.87
" 1854 . . . . .	1,480,000. "
" 1855 . . . . .	1,237,000. "
" 1856 . . . . .	1,336,593. "
" 1857 . . . . .	1,349,246. "
" 1858 . . . . .	1,470,283. "

Nature des dépenses	Eclairage		Dépenses totales annuelles
	huile	gaz	
Année 1859			
Huile			
Nombre d'heures de ser- vice . . . 823,117 <sup>h</sup> 15"			
(allocation par bec et par heure de service 1 <sup>fr</sup> 544)			
Dépenses d'éclairage . .	12708	92	
Droits et octroi . . . .	2065	47	
	14,774	39	
à déduire retenues	239	80	
	14534	59	
Etablissement d'appareils	446	75	
Gaz			
Eclairage au gaz			
Les prix du gaz sont comportés au cahier des charges du 23 Juillet 1855, approuvé par le Conseil municipal et sanctionnés par décret du 25 du même mois.			

Nature des dépenses	Éclairage à		Dépenses totales annuelles
	buée	g m	
Éclairage à l'heure Nombre d'heures de service 21,522,278. <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup> (allocation par buée et par heure de service 0. <sup>t</sup> 01 <sup>s</sup> ).			
Dépenses d'éclairage Nombre d'heures de service 2,788,551. <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup> (allocation par buée et par heure de service 0. <sup>t</sup> 02 <sup>s</sup> )		322,834 16	
Dépenses d'éclairage Nombre d'heures de service 3,765,197. <sup>h</sup> 10 <sup>m</sup> (allocation par buée et par heure de service 0. <sup>t</sup> 03 <sup>s</sup> ).		58,559 53	
Dépenses d'éclairage		112,455 90	
		494,349 59	
Éclairage des shord de la Banque de France (portion à la charge de cette administration ..... 215.11 Retenues .. 3200.83		3,415 94	
		490,933 65	
Entretien des appareils à raison de 0. <sup>t</sup> 04 par buée et par jour .....		125261 91	
Établissement d'appareils d'éclairage sur gaz. Achat de lanternes 6254. " de candlesticks 25005.72 Travaux d'établisse- ment .....		72333 22	

Nature des dépenses	Clair	Huile	Schiste	Dépense totale annuelle
D'après le compte général des recettes et dépenses de la ville de Paris.				
Année 1860				
Dépenses d'éclairage . . .	1,421,718 20	171,482 72	130,592 61	1,723,793 53
Etablissement, entretien et appareils . . . . .				160,191 6
Année 1861				
Dépenses d'éclairage . . .	1,633,751 03	149,564 44	124,491 28	1,907,806 75
Etablissement, entretien et appareils . . . . .				340,463 1
Supplément motivé par l'ex- tension des limites de Paris				37,539 3
Année 1862				
Dépenses d'éclairage . . .	1,410,724 02	226,137 76	78,281 64	1,715,143 42
Etablissement, entretien et app <sup>ts</sup>				365,956 6
Année 1863				
Dépenses d'éclairage . . .	2,144,143 16	245,000 "		2,389,143 16
Etablissement, entretien, sur- veillance et essais d'appareils .				710,566 4
Année 1864				
Dépenses d'éclairage . . .	2,409,708 34	265,000 "	1792 50	2,676,500 84
Etablissement, entretien, sur- veillance et essais d'appareils				609,640 1
Année 1865				
Dépenses d'éclairage . . .	2,558,649 22	358,616 29		2,917,265 51
Etablissement, entretien, surveil- lance et essais d'appareils . . .				346,384 1
Année 1866				
Dépenses d'éclairage . . . . .	2,607,702 94	357,150 74	" "	2,964,853 68
Etablissement, entretien, surveil- lance et essais . . . . .				1,016,574 3
Année 1867				
Dépenses d'éclairage . . . . .	3,023,409 06	339,108 59	46,696 "	3,409,213 65
Etablissement, entretien, surveillance et essais d'appareils . . . . .				769,356 1

Nature des dépenses	Gra	Huile	Schiste	Dépenses totale annuelle				
Année 1868								
Dépenses d'éclairage	2,058,759	78	96,500	46	249,71	37	2,180,231	61
Etablissement, entretien, surveillance								
Essais d'appareils							1,006,870	09
Année 1869								
Dépenses d'éclairage							3,967,353	10
Etablissement, entretien, surveillance								
Essais d'appareils							370,652	"
Année 1870								
Dépenses d'éclairage							2,914,990	65
Etablissement, entretien, surveillance								
Essais d'appareils							970,380	75
Année 1871								
Dépenses d'éclairage							3,355,334	02
Etablissement, entretien, surveillance								
Essais d'appareils							487,180	84
Année 1872								
Dépenses d'éclairage							3,597,642	98
Etablissement, entretien, surveillance								
Essais d'appareils							589,296	85
Année 1873								
Dépenses d'éclairage							3,288,509	15
Etablissement, entretien, surveillance								
Essais d'appareils							693,957	13
Année 1874								
Dépenses d'éclairage							3,371,687	80
Etablissement, entretien, surveillance								
Essais d'appareils							436,895	85
Année 1875								
Dépenses d'éclairage							3,350,274	75
Etablissement, entretien, surveillance								
Essais d'appareils							609,062	70
Année 1876								
Dépenses d'éclairage							2,714,166	88
Etablissement, entretien, surveillance								
Essais d'appareils							1,256,261	99



Nature des dépenses	Gaz		Huiles		Electricité		Dépense totale annuelle
Année 1877							
Dépenses d'éclairage . . .	2,797,980	33	41576	10			2,839,556
Etablissement, entretien, surveillance et essais							1,483,481
Année 1878							
Dépenses d'éclairage . . .	2,437,958	72	39942	54			2,477,900
Eclairage électrique							
Avenue de l'Opéra . . . .					24495	83	
Place de la Bastille . . .					5930	"	
Un pavillon des halles centrales					345	92	
Etablissement, surveil- lance et essais . . . . .							1,219,280
Année 1879							
Dépenses d'éclairage . . .							1,045,134
Etablissement, entretien, surveillance et essais . . .							628,762
Année 1880							
Dépenses d'éclairage . . .	3,272,517	89	39495	37	23445	24	3,335,458
Etablissement, entretien, surveillance et essais y compris éclairage électrique							1,099,557
Année 1881							
Dépenses d'éclairage . . .	3,521,610	13	47867	29	32,901	82	3,602,379
Etablissement, entretien et essais, compris ceux d' éclairage électrique . . .							1,391,602
Année 1882							
Dépenses d'éclairage . . .	3,562,661	50			28366	67	3,591,028
Etablissement, entretien et essais . . . . .							1,631,192
Année 1883							
Dépenses d'éclairage . . .							3,989,131
Etablissement, entretien et essais . . . . .							1,268,311
Année 1884							
Dépenses d'éclairage	3,110,030	"	43,110	"			3,153,150
Etablissement, entretien et essais . . . . .							1,350,580

<i>Nature des dépenses</i>	<i>Gas</i>	<i>Huile minérale</i>	<i>Electricité</i>	<i>Dépenses totales annuelles</i>
<i>Année 1885</i>				
<i>Dépenses d'éclairage</i>	<i>4,001,497 "</i>	<i>41203 "</i>	<i>64,500 "</i>	<i>4,196,800 "</i>
<i>Etablissement, entretien et essais . . . . .</i>				<i>1,369,000 "</i>



Chapitre II  
Documents divers relatifs  
à l'éclairage au gaz  
1871 - 1890

Note sur l'inflammation de jets  
de gaz pendant les orages.

Par M. W. de Fonvielle

14 Août 1871

Académie des sciences

M. Dumas ayant paru désirer quelques  
éclaircissements sur la communication que  
j'ai eu l'honneur de faire à l'Académie,  
dans la séance du 7 Août dernier, relative-  
ment à un coup de foudre de la rue  
Ecole, je me suis livré à une étude ap-  
profondie de ce phénomène.

Ayant obtenu des Pères de la Provi-  
-dence l'autorisation de visiter l'inté-  
-rieur du bâtiment foudroyé, j'ai trouvé  
que la décharge avait été assez violente  
pour volatiliser la surface d'une bande  
de fer oxydé qui lui avait servi de pôle,  
pour briser en mille morceaux la vaisselle  
de ces religieux et pour imprimer des  
traces de fusion à différentes pièces fac-  
-tant partie d'une batterie de cuisine. La  
décharge est encore tombée sur une bouche

d'eau et a brisé un tube de fonte qui n'a  
offrait point au fluide une conductibilité  
suffisante.

D'autres détails recueillis par moi dans  
le voisinage permettent de comprendre  
que le gaz ait été porté à une température  
suffisante pour qu'il ait été enflammé, et  
surtout d'expliquer comment il s'est trouvé  
en contact avec l'air atmosphérique par la  
destruction du plomb qui lui a trouvé passage.  
Cette circonstance est d'autant plus remarqua-  
ble que la température de la fusion du plomb  
n'est point suffisante pour produire cet effet.  
Elle semble indiquer que le plomb n'a point  
été fondu, mais arraché moléculairement  
et volatilisé, comme l'a été le fer de la cui-  
sine des Pères de la Providence.

Ce coup a été réellement formidable,  
comme tout Paris a pu s'en convaincre  
et sa durée a été très longue. Le portier  
de l'Observatoire national ne l'a vue  
pas à moins de cinq à six secondes.  
Des secousses ont été ressenties à des  
distances très-grandes, principalement  
il est vrai, près des masses de fer ou d'  
objets de nature à représenter le mouvement  
principal et donner lieu à des courants  
dérivés.

Non seulement la secousse électrique



s'est fait sentir sur une surface très grande, mais la décharge paraît avoir eu une forme globulaire, et d'après trois observations qui concourent à l'établir.

Pour arriver à fondre le tube de plomb et à enflammer le gaz qu'il contenait, l'étincelle avait à franchir une distance de 200 mètres, le coup de foudre qui s'est été à 2<sup>h</sup> 54<sup>m</sup> n'aurait sans doute pas eu la même puissance, mais il a été assez énergique pour produire la perforation d'un tube passant dans le grenier de la maîtrise de la Chapelle St Marcet. Il n'avait cette fois à franchir qu'une lacune de 4 ou 5 centimètres. Le bec étant à près de 4 mètres de l'endroit de l'explosion, on ne saurait admettre qu'il ait été ouvert par mégarde, et que cette circonstance ait déterminé l'inflammation du gaz. Mais cette hypothèse pourrait bien moins être admise dans une troisième explosion qui s'est faite à l'hôpital de la vieillesse (femmes) le 29 Juillet à 6<sup>h</sup> du soir; car le tube foudroyé sort d'un mur pour y rentrer aussitôt, et passe dans le voisinage d'une conduite de décharge des eaux pluviales, qui se servirait à dériver une portion plus ou moins grande du fluide, malgré la présence

d'un paratonnerre en bon état. Le tube de plomb et le tube de fonte sont presque en contact, la foudre n'a eu à franchir qu'une lame d'air d'un millimètre, la couche d'oxyde qui couvrait le plomb et la couche de peinture qui couvrait la conduite de fonte. Cependant la chaleur développée a été assez grande pour que le plomb fut volatilisé et le gaz porté à la température de son inflammation dans l'air.

Comme d'aussi grandes expériences se répètent difficilement dans les laboratoires, je me propose de recueillir et d'étudier les cas analogues, si l'Académie daigne prendre intérêt à ces recherches. Je me suis adressé à M. Lepeudry, Ingénieur de la canalisation de la Compagnie Parisienne, qui fait procéder à une enquête. Nul doute que ces faits ne soient fréquents, et que, dans certains cas, ils n'aient produit des incendies attribués à d'autres causes, ou dont la cause est restée inexpliquée jusqu'à ce jour. Je ne crois point sortir de la réserve recommandée en pareille matière, en consultant de ne jamais placer les tubes et les boes de gaz à faibles distances des parties métalliques, susceptibles de

fonctionner comme paratonnerre pendant un temps d'orage. J'ajouterais que le coup de foudre de la salpêtrière me serait expliqué parce que le tuyau de décharge des eaux pluviales était bouché accidentellement. Cette circonstance qui a été constatée lorsqu'on a réparé le tube de gaz, a mis sans doute en communication le tuyau de décharge des eaux pluviales qui était bouché accidentellement. Cette circonstance, qui a été constatée lorsqu'on a réparé le tube de gaz, a mis sans doute en communication le tuyau de décharge avec le paratonnerre, et est peut être la cause de la déflagration. C'est peut être par suite d'une circonstance qu'on a vu, il y a quelques années, une boule de feu se précipiter sur une poudrerie garnie de son paratonnerre, circonstance signalée par le Ministre de la Guerre à la Commission académique des paratonnerres. Je compte m'occuper également de cette étude, si mes efforts sont assez heureux pour mériter l'approbation de l'Académie.

---



## Allumeur à gaz

Par M. Klinkerhues

(Extrait du Technologiste. - Octobre 1872)

On s'est servi bien des fois pour enflammer les gaz, du platine à l'état d'éponge ou pulvérent, mais toutes les fois qu'on s'est écarté en quel que point de l'appareil Döbereiner, on n'a jamais réussi à atteindre le but désiré. Les formes sous lesquelles on a employé le platine sont, par un usage répété de l'appareil, exposées à éprouver des changements qui paralysent l'effet de celui-ci. Il y a plus, c'est que l'éponge de platine récemment préparée ne paraît pas propre à enflammer le gaz d'éclairage ordinaire.

M. Klinkerhues s'est assuré qu'on pouvait remplacer l'éponge par un fil de platine, et a mesuré la température à laquelle ce fil est en état d'enflammer le gaz d'éclairage. Un fil de cette espèce ayant été interposé entre les pôles d'une batterie faible zinc et charbon, avant d'être arrivé au rouge visible, même dans l'obscurité, alluma le gaz. C'est en se basant sur cette propriété de fil et de



l'autre sur la fermeture hydraulique de l'appareil galvanique qui sont des conditions caractéristiques importantes, que l'auteur a construit pour l'allumage des lampes et des becs de gaz.

Si on avait besoin d'un courant galvanique plus énergique, l'activité de la batterie serait promptement épuisée, et il serait impossible que l'appareil pût servir des mois entiers sans le renouvellement du chargement. Mais par l'établissement et l'interception du courant par voie hydraulique, on a obtenu le moyen le plus commode pour développer momentanément l'action catalytique, et par conséquent pour l'interrompre de nouveau dans le but d'économiser la matière.

Cet appareil se compose d'un vase en verre mince de quelques centimètres de haut fermé dans le bas et pourvu dans le haut d'un couvercle vissé sur un anneau et formant fermeture hermétique. Pour que celle-ci soit plus complète, on introduit entre l'anneau et le couvercle, une rondelle de caoutchouc. C'est sur ce couvercle que sont arrêtés et fixés les deux éléments zinc et graphite. On leur donne la forme de plaques planes, toute-fois, on a trouvé qu'il y avait plus et

pour employer un morceau de zinc

de forme tubulaire, percé de trous et un cylindre de graphite.

Sur le couvercle se trouvent placés deux électrodes avec un bout de fil de platine qui les met en rapport. Ces électrodes se composent de deux tiges de laton dont l'une est vissée directement sur le couvercle métallique, tandis que l'autre passe par une enveloppe de caoutchouc à travers de ce couvercle dont il se trouve ainsi isolé. Le fil de platine est maintenu par deux pinces dont chacune se compose d'un petit tube inséré sur la tige et qui est pressé par un ressort à boudin sur la tête de cette tige. On peut enlever le fil de platine en pressant avec le doigt sur le petit tube.

Le liquide dont on charge l'appareil consiste dans le mélange connu de bichromate de potasse et d'acide sulfurique étendu qui reste actif pendant très longtemps. Le mélange le plus avantageux se compose de 3 parties en poids de bichromate et 4 parties d'acide sulfurique à 66° avec 18 parties en poids d'eau distillée. Si les appareils doivent être exposés à une température inférieure à 15°C., on recommande le mélange suivant : 2 parties de bichromate, 4,5 d'acide sulfurique et 18 d'eau. Ce mélange ne se congèle pas encore à - 15°.

Pour allumer avec cet appareil simple les jets de gaz, il suffit de le pencher jusqu'à ce que le liquide touche les éléments zinc et charbon, et de mettre en contact le fil de platine avec le courant de gaz qui s'échappe du bec ou brûleur. Tout que l'appareil reste vertical, les éléments n'étant pas touchés par le liquide excitateur, il n'y a pas de courant galvanique et, par conséquent point de dépense de matières. Aussi longtemps que le mélange est relativement récent, le fil de platine devient tellement rouge — qu'une bande de papier qu'on a trempé dans du chlorure de calcium prend feu. <sup>(1)</sup>

(Der praktische machiners - Constructeur. 187)

(1) M. Klinkertues a aussi construit sur le même principe un appareil pour allumer les becs auxquels la main ne peut atteindre, et en outre un autre appareil pour allumer les foyers de gaz des voies publiques qui paraît plus compliqué, mais dont nous croyons devoir nous abstenir de donner la description. Celle de l'appareil simple ci-dessus nous ayant paru suffisante pour comprendre le principe de ces sortes d'allumeurs à gaz.

## Photomètre à relief

Voici le résumé d'une note scientifique communiquée à l'Académie des sciences par M. P. Yvon et dont M. Coze a fait depuis l'application de la théorie, pour comparer entre elles des lumières très intenses, ainsi que nous le verrons plus loin :

Extrait des Comptes rendus de l'Académie des sciences du 4 Novembre 1872 (Correspondance).

Optique. — Photomètre fondé sur la sensation du relief.

Note de M. P. Yvon

Soient des surfaces planes et blanches, perpendiculaires entre elles et placées de façon que leur arête d'intersection soit verticale : c'est la disposition que l'on peut réaliser, par exemple, en pliant une feuille de papier ou une carte en deux moitiés, qu'on laissera à angle droit, et la plaçant sur une table de manière que l'arête soit perpendiculaire à la table. Si l'observateur se place à une certaine distance, son œil étant dans le prolongement du plan bissecteur de l'angle dièdre, et qu'il regarde l'arête à travers d'un tube noirci intérieurement il



obtient la sensation du relief tant que les deux faces sont inégalement éclairées ; dès que l'éclaircissement des deux faces devient exactement le même, il ne voit plus qu'un cercle dont la surface lui paraît rigoureusement plane.

Pour comparer entre elles les intensités des deux sources lumineuses, de même couleur, on dispose l'une des deux sources dans une direction normale à l'une des faces des angles, l'autre source dans une direction normale à l'autre face ; il est évident que chaque source éclaire seulement l'une des faces, à l'exclusion de l'autre. L'observateur étant placé comme il a été indiqué, il suffit de faire varier la distance de l'une des sources à la face qu'elle éclaire, l'autre restant fixe, jusqu'à ce que l'œil obtienne la sensation d'un cercle absolument plan. On mesure alors la distance de chaque source à la face correspondante, et la loi de la raison inverse du carré des distances donne le rapport des intensités.

La disposition dont il s'agit peut évidemment être réalisée sur deux surfaces planes de nature quelconque ; on peut employer, par exemple, un prisme rectangulaire en porcelaine ou en toute autre substance.

## Académie des sciences

24 février 1873

De la flamme du gaz d'éclairage  
comme réactif très-sensible de l'acide  
borique

Note de M. Bidsad  
présentée par M. Bouley

Si on dirige la flamme du gaz d'éclairage, sortant par un bec Bunsen sur une très-petite écaille d'acide borique placée sur un fragment de porcelaine cette flamme prend immédiatement une magnifique couleur verte. Il n'est pas même nécessaire que le jet en flamme enveloppe l'acide; il suffit qu'il soit rapproché de façon à en lécher légèrement la surface.

Dans un de mes nombreux essais, un centigramme d'acide borique fut placé dans un morceau de capsule en porcelaine, très-exactement taré; la flamme, maintenue à une distance qu'on fit varier de un millimètre à un centimètre de la surface du sel, prit en totalité une belle teinte verte. Après une minute d'expériences, c'était à peine si les petites écailles boriques avaient été légèrement fondues, elles n'adhéraient pas à la porcelaine et une balance très-sensible

n'indiqua aucune diminution de poids. On reprit alors l'essai, et pendant vingt cinq minutes la flamme fut colorée, en totalité ou seulement en quelques-uns de ses points, toujours faciles à saisir dans un endroit un peu obscur. Dans les mêmes conditions du borax ne donne que la coloration jaune due à son alcali; quand on l'additionne d'une goutte d'acide sulfurique la couleur verte apparaît instantanément.

Un gramme d'une solution contenant un centigramme d'acide borique pour 20 grammes d'eau fut placé sur un fragment de capsule, et chauffé légèrement. Dès que les vapeurs apparurent, on y plongea la flamme du gaz, qui verdit immédiatement. En mettant alternativement la flamme sur la solution et dans la vapeur dégagée, la coloration verte reste visible pendant assez longtemps et s'embellit à mesure que la concentration augmente; du reste, en promenant la flamme à la surface du liquide bouillant, on trouve des points où la couleur est plus intense; par exemple, sur les bords où, par l'évaporation, il se forme un petit liseré efflorescent. 1 gramme de la solution ci-dessus à  $\frac{1}{200}$  a été ajouté à 12 grammes d'eau et 1 gramme de cette dilution à  $\frac{1}{12}$  chauffé comme il a été dit,

a coloré les bords de la flamme pendant plusieurs minutes.

En ajoutant à la solution borique un peu de carbonate de soude, on n'obtient que la coloration jaune de l'acide; mais avec un peu d'acide sulfurique, on fait apparaître la couleur verte presque immédiatement. Si, au lieu d'employer le sel de soude, on se sert de sulfate d'ammonium ou d'acide tartrique, la coloration de la flamme a lieu dès qu'on la couche dans la vapeur qui s'échappe du mélange, sans qu'il soit nécessaire d'ajouter l'acide sulfurique.

Un peu d'acide borique a été chauffé dans une capsule recouverte d'un tét, et au bout de quelques instants ce dernier, touché par la flamme du gaz, l'a coloré quoiqu'il n'y eût pas la moindre trace apparente de substance sur sa surface.

Avant chaque expérience, on couchait la flamme sur le tét en porcelaine avec lequel on devait expérimenter, et jamais elle n'offrait de coloration. Cette épreuve s'oblait faite dans l'obscurité comme l'expérience réelle, avait pour but de démontrer que la teinte verte n'était pas due à l'alliage formant le bec d'où s'échappait le gaz. D'ailleurs, la couleur que produit l'alliage cuivreux est d'un



peu différente et forme un noyau conique dont la base repose sur l'ouverture du bec; tandis qu'avec l'acide borique la coloration est surtout intense à l'extrémité ou sur les bords de la flamme qui doit avoir au moins un décimètre de longueur :

1 gramme de borax contenant  $0.3665^{\text{Gr}}$  d'acide borique a été dissous dans  $250^{\text{Gr}}$  d'eau ordinaire; 10 grammes de cette solution contiennent donc  $0.01466^{\text{Gr}}$  d'acide. On les ajoute à  $250^{\text{Gr}}$  d'eau. 5 grammes de cette solution sont essayés après qu'on y a ajouté de l'acide sulfurique et la réaction est manifeste. Ces 5 grammes ne renfermaient cependant pas  $\frac{3}{10}$  de milligramme d'acide borique.

Quelques grammes de la même solution sont mêlés à différents sels, tels que le sulfate de chaux, carbonate sodique, sulfate ferreux-ferrique etc et en opérant comme ci-dessus on a obtenu la même réaction. (quand le sel ajouté était acide, comme par exemple le sulfate ferreux altéré à l'air, il n'était pas nécessaire d'ajouter d'acide sulfurique pour isoler l'acide borique). La teinte verte a persisté plus ou moins longtemps, mais a toujours été nettement accusée en opérant dans l'obscurité.

fut dissous dans 250 grammes d'eau ordinaire légèrement acidulée, et 1 gramme de ce liquide permit de reconnaître l'acide borique, bien qu'il ne contînt que  $0.0001466$  ou à peu près  $\frac{1}{7000}$ . A 10 grammes d'eau de puits on ajoute deux gouttes de sulfate ferroso-ferrique et 1 centimètre cube de la solution à  $\frac{1}{7000}$ . On en prit la moitié, soit 6 grammes, et la réaction fut encore manifeste, bien qu'il n'y eût dans ces 6 grammes que  $\frac{7}{100}$  de milligramme d'acide borique libre, ou exactement  $0.0000733$ .

J'ai peine à croire que cette grande sensibilité de la flamme du gaz soit particulière à l'acide borique libre, et j'en pense qu'en étudiant davantage ce procédé on arrivera à lui trouver une sensibilité du même genre pour d'autres corps.

---

Académie des sciences

17 Mars 1873

---

Expériences nouvelles sur les flammes chantantes  
(Extrait du mémoire de M. F. Kastrer présenté par  
M. Garrey)

---

Si dans un tube de verre, on introduit deux flammes de longueur convenable

et si on les pousse toutes les deux au tiers de la longueur du tube, comptée à partir de la base inférieure, ces flammes vibrent à l'unisson. Le phénomène continue de se produire tant que les flammes restent écartées; mais le son cesse aussitôt que les deux flammes sont mises au contact.

J'ai pris un tube de verre de 0<sup>m</sup>55 de longueur de 0<sup>m</sup>041 de diamètre extérieur et de 0.0025 d'épaisseur. Deux flammes isolées provenant de la combustion du gaz hydrogène, s'échappant de becs convenablement construits et placés à 0<sup>m</sup>183 de la base, ont produit, lorsqu'elles étaient séparées, le son naturel.

Dès que ces flammes, à l'aide d'un mécanisme très-simple sont rapprochées l'une de l'autre, le son est brusquement interrompu. Si l'on fait varier la position des flammes dans le tube en les laissant toujours écartées au dessus du tiers de la longueur, le son diminue jusqu'à la moitié du tube, endroit au delà duquel tout bruit cesse de se produire; au dessus de ce même point, le son augmente, au contraire, jusqu'au quart de la longueur du tube. En cet endroit, si l'on rapproche les flammes, le son ne cesse pas immédiatement, les deux flammes peuvent alors continuer

de vibrer comme une flamme unique.

L'interférence des flammes chantantes ne se produit que dans des conditions spéciales. Il est important de mettre la longueur des tuyaux en harmonie avec le nombre des flammes. La hauteur des flammes n'exerce qu'une action limitée sur ce phénomène. La forme des bords joue également un rôle important.

L'ensemble des expériences que j'ai effectuées depuis deux ans, m'a conduit, comme application, à la construction d'un instrument musical d'un timbre entièrement nouveau, se rapprochant de la voix humaine, et auquel j'ai donné le nom de pyrophore. Cet instrument se compose de trois claviers, s'accouplant comme dans l'orgue, chacune des touches du clavier est mise en communication à l'aide d'un mécanisme fort simple, avec les conduits adducteurs des flammes dans les tuyaux de verre. Lorsque on presse sur ces touches les flammes se séparent et le son se produit aussitôt; dès qu'on cesse d'agir sur les touches les flammes se rapprochent et le son cesse immédiatement.



Académie des sciences

21 Avril 1873.

## Action de l'électricité sur les flammes

Mémoire de M. V. Noyronneuf (extrait)

On démontre l'existence du vent électrique en approchant une flamme d'une pointe électrisée. L'expérience est en réalité complexe et dépend, entre autres conditions, de la nature du fluide que l'on emploie.

Une flamme doit être considérée comme un corps assez bon conducteur : produite à l'extrémité d'un tube de verre bien isolant et placée devant une pointe de manière à constituer le vent. Elle est susceptible elle-même d'être attirée, et avec d'autant plus d'énergie que sa distance à la pointe sera plus petite ; de telle sorte qu'il doit exister une certaine distance pour laquelle le vent a une intensité maximum : c'est ce que l'expérience constate.

Si la flamme est produite à l'extrémité d'un bec métallique en communication avec l'une des armures de la machine de Holl-  
landis que la pointe communique avec l'

autre, le vent électrique est beaucoup plus intense d'une manière générale, mais les effets se compliquent suivant la nature du fluide et suivant les dispositions relatives de la pointe de la flamme. Ces choses se disposent toujours comme si l'électricité se propageait réellement dans le sens du positif au négatif : ainsi une pointe positive refoute d'une manière très-nette une flamme, tandis qu'une pointe négative manifeste une attraction très-marquée.

Avec une flamme chaude de Bunsen, on n'obtient plus de répulsion sensible.

Avec une flamme un peu grande, on peut produire à la fois le vent électrique proprement dit, et l'attraction ou la répulsion signalée par les flammes non isolées.

Je reviendrai, dans une prochaine communication, sur des attractions et des répulsions observées avec des corps en poudre, lesquelles se rattachent au même ensemble de faits.



Académie des sciences  
2 Juin 1873

Action du fluide électrique sur  
les flammes, les liquides et les corps  
en poudre.

2<sup>e</sup> note de Neyrencuf  
(Extrait par l'auteur)

Le brûleur Bunsen ne donne pas  
d'effet de refoulement avec une pointe  
négative (1). Il était intéressant de constater  
les effets produits sur des flammes ne  
contenant pas des particules solides.  
Avec l'hydrogène pur, pas de refoule-  
ment, mais attraction très-sensible  
par une pointe négative.

Avec l'oxyde de carbone des agita-  
tions seules se produisent avec les deux  
électricités, l'effet attractif est cepen-  
dant encore marqué. Cette expérience  
est importante, car la flamme de ce gaz  
ne contient aucune particule solide et  
il n'y a pas d'eau formée dans la combus-  
tion.

Le sulfure de carbone donne le même

(1) Voir Comptes rendus, 21 Avril 1873.

résultat que l'oxyde de carbone. L'alcool se comporte à très-peu près comme le gaz d'éclairage. Enfin les effets du refoitement sont maximum avec l'essence de térébenthine brûlée dans une lampe comme l'alcool.

Si l'on dirige la pointe normalement à la surface d'un liquide contenu dans une capsule cylindrique conductrice, un orage se produit par les deux fluides avec l'eau, l'huile, le sulfure de carbone, l'essence de térébenthine. Si la pointe est au contact du liquide, on n'observe plus aucune altération de la surface. Avec les liquides mauvais conducteurs, si l'on retire la pointe, après l'avoir enfoncée de quelques millimètres, on souleve un cône du liquide qui reste adhérent pendant tout le temps que le courant que le courant passe. Ainsi pas de différence avec le son et la propagation de l'électricité.

Peu de corps en poudre permettent d'obtenir des effets nets. Les poudres organiques (lycopode, réglisse, rhubarbe etc) manifestent des adhérences spéciales étudiées par A. Kundt, et dont nous n'avons pas à nous occuper ici. Le sable bleu employé comme



article de bureau est la substance qui connoient le mieux. Si la pointe est un peu éloignée, on observe, quel que soit le signe de l'électricité, un effet centrifuge du vent électrique. Une aspiration centrifuge très-marquée correspond à une position plus voisine de la pointe négative. Au contact, on peut, comme pour les liquides, soulever et maintenir soulevé pendant tout le passage du courant un cône de grains de sable qui se disposent comme les particules de limaille de fer sur l'influence d'un pôle magnétique. Tenir de fumée donne des nuages très-intenses marquant rapidement le phénomène; la pointe négative pour une petite distance devient très-rapidement noire, tandis qu'il faut beaucoup de temps pour la pointe positive.

Sans chercher à se rendre compte théoriquement d'effets aussi complexes on peut démontrer que, dans le cas d'un défilé d'une flamme non isolée, il y a toujours un courant d'air du positif au négatif. Un courant d'air artificiel produit, en effet, un va-et-vient de la flamme analogue à celui de la pointe positive, et l'effet d'attraction

peut être réalisée par une aspiration de la flamme vers le sommet d'un entonnoir conique. L'étude des remous causés par un courant d'air sur une flamme voisine permet de rendre compte des apparences de flammes les plus compliquées.

Ainsi l'effet mécanique du courant qu'il ne faut pas confondre avec le vent électrique, est d'entraîner l'air du positif au négatif, et non seulement l'air, mais des substances telles que le sable siliceux.

---

## Sur les flammes des gaz comprimés

Par M. F. Benevides

Professeur de Physique à l'Institut industriel  
de Lisbonne

---

Extrait des annales de chimie et de  
physique

(4<sup>e</sup> série - 1873 — T. XXVIII)

---

Les gaz combustibles comprimés, quand ils brûlent à l'air libre, donnent lieu à des phénomènes très-intéressants, qui peuvent être très-facilement observés avec mon

appareil de compression <sup>(1)</sup>

L'appareil contenant du gaz d'éclairage comprimé, si on le fait sortir par un ajutage de chalumeau, en ouvrant peu le robinet, et si on l'enflamme, on observe que la flamme a un plus grand éclat que celui de la flamme du gaz d'éclairage des villes, dont la pression n'est supérieure à la pression atmosphérique que de quelques centimètres d'eau habituellement; le plus grand éclat de la flamme du gaz comprimé est dû à la plus grande quantité de charbons qu'il contient sous le même volume, et qui avant de brûler se dépose incandescent au sein de la flamme.

Si on laisse le robinet plus ouvert, alors la vitesse d'écoulement du gaz augmente, l'air est entraîné, il se mélange avec le gaz, la combustion s'active, le carbone et l'hydrogène brûlent ensemble, l'éclat de la flamme diminue ou disparaît, et la température s'élève beaucoup: il se produit un effet analogue à celui de la lampe de Bunsen.

Les dimensions de la flamme du gaz comprimé dépendent de la pression et des dimensions du chalumeau. Sortant du réservoir le gaz se dilate, ce qui fait que

---

(1) Cet appareil se trouve décrit dans le Journal des sciences mathématiques, physiques et naturelles de Fichowicz N° 12 — Décembre 1871

La flamme s'étend aussi à partir de l'orifice de l'ajutage.

Un phénomène bien remarquable se produit quand la pression est grande aussi, bien que la vitesse et la quantité de gaz qui s'écoule de l'appareil de compression; c'est que la flamme ne commence pas à l'orifice de sortie du gaz, mais seulement à une certaine distance; il reste un espace obscur entre la flamme et l'ajutage par où s'écoule le gaz. Parfois il paraît à l'orifice une petite auréole lumineuse suivie du grand espace obscur qui la sépare du jet lumineux.

Les dimensions de l'espace obscur dépendent de la pression, de la vitesse et de la quantité de gaz qui s'écoule de l'appareil. Avec le gaz d'éclairage comprimé à deux atmosphères, et un ajutage conique de 0<sup>m</sup>045 de longueur, 0<sup>m</sup>009 et 0<sup>m</sup>404 étant les diamètres de l'orifice intérieur et celui de sortie, l'espace obscur a une longueur de 0<sup>m</sup>04 à peu près; vient ensuite un jet lumineux de 0<sup>m</sup>4 de largeur s'étendant depuis le diamètre de 0.03 jusqu'à celui de près de 0.1 qu'il présente à son extrémité. Comme on devait s'y attendre, l'espace obscur possède une température très-basse; si l'on y introduit un thermomètre, celui-ci s'élève très peu.



doit être attribué à l'irradiation de la flamme, qui se trouve très-proche et dont la température est très-élevée.

Si l'on introduit dans l'espace obscur un fil métallique, on voit celui-ci osciller rapidement, ce qui est dû à son élasticité et à l'action du courant gazeux. Si l'on touche la flamme avec le fil métallique et qu'ensuite on le porte jusqu'à l'orifice du chalumeau, on voit la flamme se reprendre dans l'espace obscur qui ainsi diminue ou disparaît; de sorte que le fil entraîne la flamme en sens opposé à celui du courant gazeux jusqu'à l'orifice de sortie; l'effet disparaît et l'espace obscur se produit de nouveau quand on ôte le fil métallique.

Si l'on approche de l'espace obscur la flamme d'une bougie, on la voit dévier vers le courant gazeux, ce qui montre une certaine raréfaction due à l'entraînement de l'air par le gaz.

La cause de l'espace obscur semble être l'action mécanique du courant gazeux qui refoule l'air à une certaine distance, d'où il résulte qu'il manque de l'oxygène pour entretenir la combustion dans une certaine étendue qui reste ainsi obscure; car au delà de l'espace obscur, le gaz se dilate en se mélangeant à l'air, et la com-

Combustion se fait vivement en produisant un jet lumineux de haute température. En diminuant la vitesse de l'écoulement du gaz, ces effets diminuent, et la flamme se répand jusqu'à l'orifice de l'ajutage.

Lorsque l'ajutage est très-étroit et la vitesse du gaz très-grande, le grand refoulement de l'air rend impossible la combustion, et la flamme s'éteint tout à fait. Le phénomène peut acquies une grande intensité par la différence des vitesses, en sens contraire de l'écoulement du gaz et de la propagation de la combustion, depuis le commencement de la flamme jusqu'à l'orifice de l'ajutage, lorsque la première est beaucoup plus forte que la seconde. Lorsque l'on introduit un solide, par exemple un fil métallique, on oppose une résistance au mouvement du gaz, dont la vitesse diminue, et par conséquent l'action mécanique du gaz sur la flamme qui tend à le projeter à distance diminue aussi; et où il résulte que l'espace obscur diminue, et le jet lumineux se rapproche du chalumeau.

Analysant à l'aide du spectroscope la flamme du gaz d'éclairage comprimé, on voit un spectre discontinu dans lequel on remarque cinq raies dans l'ordre suivant, à partir du côté moins réfringible,

savoir : une raie jaune, une verte pâle, une verte intense, deux violettes.

Le spectre de la flamme du gaz d'éclairage comprimé est le même que celui qu'on observe dans la flamme de la lampe de Bunsen, dans laquelle on fait passer un grand courant d'air; mais les raies du spectre de la flamme du gaz comprimé sont plus intenses et toujours visibles, ce qui n'arrive pas toujours avec celui de la lampe de Bunsen : dans celle-ci parfois l'air aspiré n'est pas suffisant pour rendre la combustion du gaz aussi complète que possible, et faire paraître le spectre discontinu.

Si la vitesse de l'écoulement du gaz est petite, on voit un spectre continu et brillant; c'est ainsi ce qui arrive dans la lampe de Bunsen, si l'on n'y laisse pas rentrer de l'air. Du reste la flamme de gaz comprimés présentent un phénomène analogue à celui de la lampe de Bunsen, il est naturel qu'on y trouve le même spectre. Le nombre et la nature des raies sont indépendantes de la pression, seulement jusqu'à une certaine limite; l'augmentation de la pression en augmentant la vitesse de l'écoulement, rend la combustion plus complète et fait paraître

Les raies plus intenses.

La raie jaune qu'on voit dans le spectre est caractéristique du sodium; on ne peut jamais s'en débarrasser dans les flammes. Ce sodium provient du sel marin qui est toujours en suspension, dans l'air, surtout dans le voisinage de la mer.

Le spectre des flammes des carbures d'hydrogène ont été étudiés par Swan<sup>(1)</sup> à l'aide de la lampe de Bunson dans laquelle le jet de gaz était mélangé à l'air, à l'orifice même de la combustion. En opérant sur plusieurs combinaisons hydrocarbonées Swan a trouvé que les spectres de leurs flammes sont les mêmes à l'intensité près.

Avec la flamme des gaz comprimés, on remarque le même phénomène, les raies observées dans les spectres des flammes produites par différents gaz comprimés ont été les cinq raies citées plus haut.

Dans l'éclairage des villes où des boes à de grandes différences de niveau

---

(1) Voir annales de chimie et de physique, 3<sup>e</sup> série, t. L VII p. 363



sont servis par le même gazomètre, il peut se produire dans tous les points très-élevés au dessus du gazomètre des effets analogues à ceux des gaz comprimés, parce que, toutes choses égales d'ailleurs, la vitesse d'écoulement du gaz est plus grande dans tous les points les plus élevés. Cette vitesse dépend, en effet, de la différence de pression du gaz et de l'atmosphère, et celle-ci est d'autant moindre que l'altitude est plus grande. C'est ce qui arrive à Lisbonne. Dans ces villes, aux endroits les plus proches de la mer, arrive souvent qu'il n'y a pas de gaz pendant le jour, tandis que sur les hauteurs il y en a toujours assez. Il en résulte ainsi que pour avoir toujours le même éclat dans la flamme, les circonstances de bocs et de conduites étant les mêmes, il faut que l'ouverture du robinet soit plus grande pour les endroits placés plus bas que pour ceux dont l'altitude est plus grande. Aux endroits très haut placés au dessus du niveau de la mer, si l'on ouvre le robinet d'un boc de gaz, la vitesse d'écoulement est très-grande, l'air est entraîné, la combustion s'active, la température s'élève et l'éclat diminue.

Ainsi supposons que la pression du gaz dans le gazomètre soit supérieure à

La pression de l'air extérieur de 6 centimètres d'eau : pour 55 mètres d'altitude, la pression atmosphérique sera moindre de 5 millimètres de mercure ou  $0^m 067$  d'eau à peu près ; donc la différence de pression du gaz et de l'air extérieur serait à cette hauteur, de  $0^m 117$  d'eau, c'est à dire le double de ce qu'elle était au niveau du gazomètre, ce qui produisait à la station supérieure une augmentation correspondante de vitesse. Dans une vallée située à 272 mètres au dessous du niveau du gazomètre, la pression atmosphérique serait diminuée de 25 millimètres de mercure ou  $0^m 338$  d'eau, de sorte qu'il serait impossible d'y faire arriver le gaz ayant dans le gazomètre une pression à peine supérieure de 6 centimètres d'eau à la pression atmosphérique ; pour éclairer au gaz à cette profondeur au dessous du gazomètre, il faudrait dans celui-ci une pression de gaz supérieure au moins de 40 centimètres d'eau à la pression extérieure.

La ville de Lisbonne présentant des différences de niveau de plus de 100 mètres servies par le même gazomètre, la pression atmosphérique y varie, selon l'altitude de plus de 10 millimètres de mercure, ou 13 centimètres d'eau, ce qui fait

dessus du gazomètre, la vitesse de l'écoulement du gaz est très forte, ce qui exige, toutes circonstances égales et d'ailleurs, de moindres ouvertures de robinet pour avoir la même puissance éclairante; d'un autre côté, la grande vitesse d'écoulement du gaz, entraînant beaucoup d'air, active la combustion et donne à la flamme une haute température, qu'on peut utiliser pour divers services.

Ainsi sur les hauteurs de la ville, malgré la petite pression dans le gazomètre, on peut se procurer du gaz à toute heure du jour pour tous les besoins du chauffage.

---

Purification de la glycérine  
des compteurs à gaz  
Par M. Hassé

---

(Extrait du Technologiste. - Juin 1874)

---

La glycérine dont charge les compteurs à gaz a besoin d'être purifiée de temps à autre, attendu qu'elle se charge peu à peu d'ammoniaque, de goudron, d'acides etc et que dans cet état elle attaque le métal du compteur, nuit à la pureté du gaz, et que d'ailleurs l'eau qu'elle contient celle-ci et qui se dépose, empêche l'appareil

de résister à l'action des gélées. Voici le procédé pratiqué en grand par M. Schering pour opérer la purification de la glycérine des compteurs :

On prend une chaudière cylindrique close, encastrée dans dans une maçonnerie, pouvant contenir environ 150 Kilogr. de glycérine qu'on remplit aux  $\frac{5}{6}$  et chauffe lentement pendant quelques heures de 50 à 60° C. puis on porte la température de 120 à 130°, et l'on y maintient jusqu'à ce que les vapeurs qu'on laisse échapper par un petit robinet ne soient plus ni ammoniacales ni acides, ce dont on s'assure au moyen des papiers rouge et bleu de tournesol. Alors on laisse la température s'abaisser lentement et on vide la chaudière par un robinet placé près de son fond. L'opération peut durer de 12 à 16 heures. Les vapeurs qui se forment sont dirigées par un tuyau dans la cheminée.

En cet état la glycérine a besoin d'être débarrassée des matières glutineuses qui y adhèrent. On se sert pour cela de filtres au charbon animal. Ces appareils sont en zinc et de forme cylindrique. Le fond se compose d'une toile métallique tendue sur un chassis en bois sur lequel



on place une couche de charbon de 60 à 70 millimètres d'épaisseur. Le grain de charbon a besoin d'être très et ne doit être ni trop fort ni trop gros pour que la glycérine ne filtre ni trop lentement ni trop rapidement. Ces cylindres filtreurs sont posés sur des chevalets en bois, et on recueille la glycérine dans des vases placés au dessous.

Le charbon est déposé légèrement et un peu humecté d'eau. On le fait d'abord traverser par de l'eau chaude jusqu'à ce que celle-ci ne soit plus colorée par la poudre de charbon, puis on y verse avec précaution la glycérine rapprochée jusqu'à 22 à 24° Baumé. Si on veut avoir une glycérine bien pure, on la filtre une seconde fois sur de nouveau charbon, puis on l'étend avec de l'eau distillée jusqu'au degré voulu, la plupart du temps jusqu'à 18° Baumé.

Lorsque le filtre ne fonctionne plus correctement, il faut enlever le charbon, le bien laver à l'eau bouillante et si par un usage prolongé, il a perdu son activité, on le revivifie en le portant au rouge dans des pots fermés en fonte.

L'opération est tellement simple que dans l'établissement de gaz à Dresde, un ouvrier, occupé seulement 2 heures par

jour, peut purifier  $1\frac{1}{2}$  à 2 quintaux métriques de glycérine. Les frais de la glycérine purifiée s'élèvent à environ 3<sup>e</sup>. le quintal métrique.

(Journal für Gasbeleuchtung 1872)

Rapport fait par M. Tissajours  
sur le système d'appareils employé pour  
allumer les lustres à gaz de la salle  
de l'Assemblée nationale à Versailles,  
par M. Griffe.

(Extrait du bulletin de la Société d'Encouragement. — 1874)

Messieurs, l'éclairage de l'Assemblée nationale, à Versailles, se fait au moyen de lustres et de girandoles comprenant un nombre total de 256 bcs.

Au début, ces bcs restaient en plein feu pendant toute la durée des séances; mais, depuis que le plafond peint a été remplacé par un vitrage, l'éclairage au gaz n'est plus nécessaire qu'à partir du moment où la lumière extérieure commence à faiblir.

Néanmoins les exigences du service

manœuvres d'allumage qui pourraient troubler la séance, ont, après l'installation du plafond vitré, obligé d'allumer encore des bœcs dès midi et demi, et de les maintenir à blanc jusqu'à l'heure où la lumière du jour faisait défaut.

Le désir d'économiser une quantité considérable de gaz, dont la consommation inutile au point de vue de l'éclairage se traduirait par un dégagement de chaleur souvent nuisible, a donné l'idée d'employer l'électricité à l'allumage presque instantané de la salle.

Une expérience avait déjà été faite dans le grand amphithéâtre de la Sorbonne par M. Rhum Rortt à l'époque de l'inauguration des conférences, et l'électricité était déjà employée dans le même but et sur une grande échelle, au Capitole de Washington. Le succès ne paraissait donc pas douteux.

Néanmoins les difficultés spéciales d'installation ont été surmontées par M. Gisette avec beaucoup de bonheur; l'appareil présente une grande simplicité, la dépense d'entretien est presque nulle et le fonctionnement irréprochable.

L'appareil électrique est installé dans une armoire, (près de la porte de la salle des séances, à gauche du Président) dans



laquelle se trouvent également les robinets correspondants aux diverses conduites qui alimentent la salle.

Dans cette armoire se trouve une bobine Rhumkorf, moyen modèle, avec interrupteur automatique à mercure. Cette bobine est mise en action par une pile Treichné de quatre éléments, dont les zincs ont 4 décimètres carrés de surface.

Ces éléments, de dimension considérable, ne représentent effectivement que l'équivalent de trois éléments de Bunsen, de dimension moyenne, mais leur durée est beaucoup plus grande. Sous l'influence de cette pile, la bobine donne des étincelles de 15 centimètres seulement.

Pour transmettre l'électricité aux divers appareils d'éclairage, on emploie par chaque lustre et chaque girandole un câble spécial, mais le retour de l'électricité se fait par un câble commun.

Ces câbles sont formés d'une corde de fils de cuivre de 0<sup>m</sup><sup>m</sup> 5, 5 quatre brins, couverte de trois couches de gutta serena, d'un fil goudronné, et d'une toile enduite de caoutchouc. Partout où le câble est supporté, il est entouré d'un tube de caoutchouc de 2<sup>m</sup> d'épaisseur, et les supports eux-mêmes sont formés de blocs de caoutchouc durci et percés de trous cylindriques par



lesquels passent les câbles.

L'isolement est donc irréprochable. Chaque câble a pour point de départ un bouton métallique isolé distinct, que l'on met en relation avec le fil induit de la bobine à l'aide d'un excitateur terminé par une boule et relié à l'un des bouts du fil induit par une chaîne; cet excitateur est muni d'un manche en caoutchouc durci. Tous les boutons sont rangés sur une même plaque isolante et portent leur numéro d'ordre. L'autre bout du fil induit est en communication permanente avec le câble de retour. Les deux câbles d'aller et retour sont réunis sur le lustre même que l'on doit allumer par un circuit métallique soigneusement isolé qui présente autant d'interception qu'il y a de bocs.

A cet effet à la base de chaque boc et dans le disque métallique qui supporte le globe, est inséré un bloc épais de caoutchouc durci traversé par deux fils de cuivre terminés par des pointes en platine. Ces divers appareils sont réunis de proche en proche, par des fils intermédiaires, et les extrémités de cette chaîne interrompue aboutissent aux deux câbles d'aller et de retour. Dans chaque appareil allumeur, la distance des deux pointes est de  $\frac{1}{3}$  à  $\frac{1}{2}$  millimètres: l'une d'elles plonge dans la lame de gaz, l'autre est au-dessus et un peu en dehors. De cette

De cette manière il y a toujours un mélange explosif sur le trajet de l'étincelle.

L'étincelle reçue entre les deux bouts du câble est beaucoup plus courte qu'à la bobine même; elle est réduite de 15 centimètres à 25 millimètres seulement.

Néanmoins cette décharge suffit pour alimenter, à coup sûr, les cinquante quatre interrupteurs de  $\frac{1}{3}$  de millimètre qui se trouvent dans le circuit correspondant aux plus grands lustres.

Pour effectuer l'allumage, on met la bobine en fonction en fermant le circuit de la pile au moyen d'un levier muni d'un manche en caoutchouc durci; puis on ouvre les robinets du gaz, et à l'aide de l'excitateur on donne l'étincelle sur les boutons correspondant aux divers câbles électriques.

L'allumage total dure à peine quinze secondes.

Les givrettes de la tribune, alimentées par des conduits trop étroits exigent une minute et demie d'attente; elles doivent donc être l'objet d'une manœuvre spéciale.

Au moment où l'expérience se fait, la pile possède un excès considérable de charge accumulée pendant la période de repos; et elle donne alors beaucoup plus qu'il ne faut pour produire l'effet voulu.

avantage est précieux parcequ'il assure le service, même par les temps les plus humides.

Si on répétait l'expérience un certain nombre de fois, l'électricité finirait par faire défaut; mais on a reconnu que l'on pouvait stimuler la salle jusqu'à vingt fois de suite sans accident. La sécurité est donc complète.

La pile, fonctionnant au plus pendant deux ou trois minutes chaque jour, s'use à peine. Il est seulement indispensable de ne pas laisser, par mégarde le circuit fermé après l'opération.

Pour éviter tout oubli à cet égard, M. Gratte a disposé le levier qui ferme le circuit de façon qu'en obissant le pannesu glissant qui ferme l'armoire on oblige nécessairement ce levier et on rompt le circuit de la pile.

Dans l'invention et l'exécution de ce système d'appareils aussi simple qu'ingénieux, aussi sûr qu'économique, M. Gratte a fait preuve d'une grande habileté. Il fallait, en effet, une certaine hardiesse pour accepter d'exécuter en six semaines tout ce travail qui comprend l'isolement absolu de 1400 mètres de fil et le réglage de 356 appareils d'allumage.

Le succès a été complet dès le premier

jour, et l'économie réalisée considérable, car, d'après les renseignements authentiques obtenus par votre rapporteur à la suite de l'Assemblée, elle s'élève au moins 5-2000<sup>4</sup> par mois.

En résumé, Messieurs, le travail exécuté à Versailles par M. Grisset qui n'a mis que son jeu de principes nouveaux, constitue cependant une application utile et intéressante de l'électricité. C'est la première fois que cette application est réalisée sur une aussi grande échelle avec un dispositif habilement étudié.

Votre Comité vous propose donc de remercier M. Grisset de son intéressante communication, de le féliciter de son succès et d'insérer ce rapport au bulletin.

Signé : Lissajous, rapporteur

Approuvé en séance le 10 Juillet 1874.

## Influence de la pression sur la combustion

Par M. G. Caillaud (\*)

Dans une communication faite à l'Académie

(\*) Extrait des annales de chimie et de physique. 5<sup>e</sup> série. T. VI.



en 1868 <sup>(1)</sup> développait un plan complet de recherches commencées dans son laboratoire de l'École normale et basées sur la combustion sous pression.

Les expériences qui font l'objet de cette note ont été entreprises d'après les principes formulés par M. Deville et réalisées non plus dans un laboratoire à parois de fer pouvant contenir l'opérateur et ses instruments, mais à l'aide d'appareils qui, s'ils ne permettent d'arriver à des mesures colorimétriques précises, ont l'avantage de montrer comment se modifient les phénomènes de la combustion sous des pressions qui peuvent être portées à 30 ou 35 atmosphères.

Il était indispensable, pour étudier les modifications que la pression fait subir aux rayons lumineux, colorifiques et chimiques, émis par un corps en ignition, de pouvoir entretenir la combustion des corps à étudier pendant un temps assez long, et de disposer, par conséquent, de volumes d'air comprimé s'élevant à plusieurs centaines de litres.

Les appareils que j'ai employés se compo-

---

(1) Voir Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences t. LXVII. P. 1089

sont de pompes et de réservoirs, destinés à contenir les gaz comprimés. Les pompes sont à cylindres mobiles et à pistons fixes. Une couche d'eau ou de glycérine recouvre les cuirs emboutis et refroidit les gaz comprimés en même temps qu'elle s'oppose à leur retour. Des tubes en toile recouverte de caoutchouc permettent de diriger les gaz sans difficulté, soit dans l'appareil de combustion, soit dans des réservoirs cylindriques en tôle, qui ont été essayés à 60 atmosphères.

L'appareil laboratoire est en fer trempé, il a la forme d'un cylindre creux et peut résister à plus de 300 atmosphères. Quatre ouvertures pratiquées vers la moitié de la hauteur du cylindre reçoivent : 1° le tube aducteur du gaz ; 2° le robinet de purge ; 3° le tube du manomètre ; 4° enfin une lunette formée de glaces épaisses, qui permet d'observer ce qui se passe dans l'appareil.

Dans l'espace cylindrique vide qui a 0.10<sup>m</sup> de diamètre et un volume d'environ 4 litres, il est facile de disposer soit des lampes, soit des substances dont on veut étudier la combustion.

L'occlusion se fait au moyen d'une feuille de caoutchouc, sur laquelle s'adapte un obturateur métallique.

manœuvre est facilitée par un système de contrepoids.

Lorsqu'on place une bougie dans l'appareil que j'ai décrit, on constate que l'éclat de sa flamme augmente avec la pression de l'air introduit. La base de la flamme qui, à l'air libre est transparente et à peine colorée en bleu, devient blanche et très-luminieuse, mais bientôt le phénomène se modifie, des nuages épais de fumée circulent dans l'appareil et s'échappent par le robinet de purge (!)

La flamme vue à travers cette fumée est rougeâtre, et, lorsqu'on met fin à l'expérience, on trouve que la mèche a fortement charbonné, et que la combustion est devenue incomplète, puisqu'il s'est déposé des quantités considérables de noir de fumée, provenant sans doute de la dissolution des gaz carbonés par suite de l'élévation de la température de la flamme.

Dans cette expérience la chaleur augmente mais pas assez cependant pour permettre à

---

(!) La production de cette fumée ne peut être attribuée au manque d'oxygène, car l'air qui s'échappe par le robinet de purge entretient normalement la combustion d'une autre bougie disposée sous une cloche à la suite de l'appareil.

un fil de fer rougi de brûler. L'éclat de la flamme du phosphore ne semble pas augmenter sensiblement sous pression.

Le soufre dans ces conditions, donne une flamme plus foncée, plus vive et colorée sur ses bords en jaune rosé; j'en ai jamais trouvé qu'il se produisît des quantités notables d'acide sulfurique.

Le potassium brûle avec une flamme fort brillante et colorée en violet; j'ai placé dans l'appareil-laboratoire un petit fourneau rempli de charbon de bois allumé, et, en portant la pression de l'air introduit à 25 atmosphères, la combustion n'a pas semblé plus vive qu'à l'air libre. Une lampe à alcool dont le mèche est formée seulement d'un fil de coton et qui ne donne à l'air libre qu'une flamme à peine visible, augmente rapidement d'éclat, à mesure que la pression, devient plus grande. Vers 18 ou 20 atmosphères la lumière qu'elle émet est devenue blanche, brillante et aussi éclairante que celle d'une bougie. Son spectre est continu et plus étendu qu'à la pression ordinaire; la raie D, seule visible, semble sensiblement élargie.

Le sulfure de carbone donne également une flamme plus brillante et plus lumineuse.



produit pas en brûlant, des quantités sensibles d'acide sulfurique.

En plaçant dans l'appareil-laboratoire du zinc et de l'acide chlorhydrique étendu, de manière à obtenir un jet d'hydrogène, j'en ai pu enflammer ce gaz pour étudier sa combustion. J'ai cherché une disposition d'appareil telle, que l'hydrogène produit ne fût pas refoulé dans le flacon au moment de l'admission de l'air comprimé; malgré ces dispositions l'expérience n'a pas réussi, sans doute à cause du ralentissement de l'attaque du zinc par l'acide sous pression <sup>(1)</sup>

En résumé, la dissociation des gaz carburés de la bougie et l'aspect des spectres que j'ai examinés démontrent que la température de la combustion s'augmente avec la pression, sans cependant que cet accroissement soit nécessairement très grand.

L'éclat que prend la flamme de l'alcool, ainsi que la coloration de la flamme du soufre et du sulfure de carbone, montre qu'elle intensité peuvent acquérir les rayons lumineux lorsque la pression augmente. J'ai établi également que les rayons

---

(1) Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences t. LVIII. P. 395

chimiques prennent une activité plus grande avec la pression.

A cet effet j'ai réuni au fond d'une boîte noire, que je pouvais placer à volonté devant la fenêtre de mon appartement-laboratoire, un certain nombre de tubes optiques contenant des substances phosphorescentes. Ces corps avaient été choisis de façon à donner les couleurs du spectre lorsqu'on les exposait pendant un instant aux rayons du soleil. J'ai constaté que plusieurs de ces pyrophores qui n'étaient pas influencées par une flamme à la pression ordinaire, prenaient un éclat beaucoup plus grand lorsque cette substance brûlait sous des pressions élevées.

---

### Application du gaz d'éclairage au pyrophore Par Frédéric Hestner (1)

---

Après avoir fait un très grand nombre d'expériences sur les flammes chantantes, en adoptant l'hydrogène comme gaz combustible, j'ai démontré le principe d'acoustique suivant :

« Si, dans un tube de verre ou d'autre matière, on introduit deux ou plusieurs

---

(1) ...

flammes isolées, de grandeur convenable et qu'on les place au tiers de la longueur du tube, comptés à partir de la base inférieure, ces flammes vibrent à l'émission. Le phénomène continue de se produire tant que les flammes restent écartées; mais le son cesse aussitôt que les flammes sont mises au contact.

J'ai construit, comme application de ce principe de physique, un appareil musical nouveau auquel j'ai donné le nom de pyrophore.

L'exposé de ce principe et la description du pyrophore constituaient le sujet du mémoire que j'ai eu l'honneur de présenter à l'Académie des sciences, dans la séance du 17 Mars 1873, et dont M. le Baron H. Serrey a bien voulu donner lecture.

La principale objection qui a été faite au fonctionnement du pyrophore était l'emploi du gaz hydrogène. Au point de vue pratique, ce gaz présente, en effet, plusieurs inconvénients :

Il est difficile de préparer,

Il nécessite l'usage de gazomètres dont les dimensions peuvent être considérables ;

Enfin ce gaz n'est pas sans présenter quelques dangers.



j'ai recherché depuis plus d'un an les moyens d'appliquer au pyrophore le gaz courant et d'airage qu'il est toujours facile de se procurer.

Dans les premières expériences que j'ai tentées, en introduisant deux flammes écartées, provenant de la combustion du gaz d'éclairage, dans un tube de verre, je n'ai pu obtenir aucun son. Cela provenait incontestablement de la présence du carbone dans ces flammes. Tandis qu'on était produit, d'une manière très nette, avec le gaz hydrogène pur, c'est à dire sans l'interposition d'aucun corps solide dans les flammes, il était impossible de faire vibrer le tube avec le gaz d'éclairage tout en plaçant les flammes dans des conditions identiques.

Il fallait donc, par un procédé quelconque, éliminer le carbone, résultat auquel je suis parvenu par la série des considérations suivantes.

Lorsqu'on examine une flamme dont le gaz combustible est celui de l'éclairage, et qu'on place cette flamme dans un tube de cristal ou de toute autre matière (métal, toile cirée, carton etc) cette flamme est ou éclairante ou sonore.

Lorsque cette flamme est seulement éclairante, c'est à dire dans le cas où l'air contenu dans le tube ne vibre pas, elle



présente une forme allongée et pointue à l'extrémité supérieure. En outre elle offre un renflement vers le milieu et elle est sans rigidité, obéissant au moindre courant d'air qui la fait vaciller dans un sens ou dans l'autre.

Au contraire, lorsque la flamme est sonore, c'est à dire lorsqu'elle détermine dans le tube les vibrations nécessaires à la production du son, sa forme est rétrécie, mince, en panache avec un renflement au sommet. Pendant que l'air du tube vibre, elle offre une très grande rigidité; le carbone, en grande partie est éliminé, comme de lui-même, par un procédé mécanique.

Les flammes sonores, provenant du gaz d'éclairage, sont au effet enveloppées d'une photosphère qui n'existe pas lorsque la flamme est seulement lumineuse. Dans ce dernier cas, le carbone brûle dans la flamme et contribue pour une forte proportion au pouvoir éclairant de cette flamme.

Mais lorsque les flammes sont sonores, la photosphère qui enveloppe chacune d'elles contient un mélange détonant d'hydrogène et d'oxygène qui détermine les vibrations de l'air du tube. Pour que le son se produise dans toute son intensité, il est nécessaire et suffisant que l'ensemble des détonations produites par les molécules d'oxygène et d'hydrogène, dans un temps donné, soient en

accord avec le nombre des vibrations, qui correspondent au son produit par le tube.

Pour mettre ces deux quantités en accord j'ai songé à augmenter le nombre des flammes, de manière à augmenter aussi le nombre des détonations du mélange d'oxygène et d'hydrogène dans les photosphères et etc déterminer ainsi la vibration de l'air du tube. Au lieu de deux flammes d'hydrogène par, j'en mis quatre, cinq, six etc bocs de gaz d'éclairage dans le même tube. J'avais d'ailleurs observé que plus une flamme est haute et plus elle contient de carbone. J'ai donc tout d'abord dû diminuer la hauteur de ces flammes, et par suite, en augmenter le nombre, afin d'obtenir une surface totale des diverses photosphères suffisante pour produire la vibration de l'air du tube.

La somme du carbone contenu dans l'ensemble des petites flammes sera toujours beaucoup moindre que la quantité de carbone qui correspondrait aux deux grandes flammes nécessaires pour produire le même son. Je suis parvenu ainsi, les flammes étant séparées, à obtenir des sons dont le timbre est aussi net qu'avec le gaz hydrogène. Dès que ces flammes, ou mieux, dès que les photosphères qui correspondent à ces flammes sont mises

en contact le son cesse instantanément.

Le carbone du gaz d'éclairage, lorsque les flammes sont sonores, est certainement éliminé presque en totalité. En effet, il se forme sur la surface intérieure du tube réservoir, à la hauteur des flammes et au-dessous, un dépôt très-sensible de carbone dont la couche augmente pendant que l'air du tube vibre.

Je puis donc affirmer aujourd'hui que le pyrophore est en état de fonctionner tout aussi bien avec les gaz combustibles contenus dans le gaz d'éclairage qu'avec l'hydrogène pur.

Le phénomène de l'interférence se produit exactement dans les mêmes conditions pour ces deux gaz, les flammes occupant toujours la même position dans le tube, soit au tiers à partir de la base inférieure.

Indépendamment du phénomène de l'interférence, je crois devoir signaler un nouveau procédé, à l'aide duquel on pourra faire cesser le son produit par des flammes brûlant dans un tube.

Supposons qu'une ou plusieurs flammes placées dans un tube au tiers de la hauteur à partir de la base inférieure, déterminant la vibration de l'air contenu dans ce tube; si l'on perce un trou au tiers du tube, compte

à partir de la base supérieure, le son cesse. On pourrait, en appliquant cette observation construire un appareil musical qui servirait une espèce de flûte fonctionnant avec des flammes chantantes. Un tel instrument, au point de vue musical, serait fort imparfait, parce que le son ne s'arrêterait pas aussi promptement et aussi nettement qu'en employant dans ce but le phénomène de l'interférence. Si au lieu d'ouvrir cet orifice supérieur, on le pratiquait au sixième, le son ne cesserait plus, mais il se produirait un dièse du son initial.

Dans toutes ces expériences, il m'a été facile de vérifier la formation d'ozone dès que les flammes faisaient vibrer l'air contenu dans le tube. La présence de ce corps peut être en outre constatée par des réactifs chimiques que la science a fait connaître.

Paris, ce 3 Décembre 1874

Frédéric Hasterer



# Nouveau système de lanternes municipales, à Paris.

Par M. Nouton et M. Dunet

(Extrait du Technologiste - Juin 1876)

Nous prenons d'abord, dans les nouvelles annales de la construction de M. Oppermann les renseignements qui suivent, sur les nouvelles candélabres à gaz, avec consoles, que la ville de Paris a fait placer récemment dans plusieurs quartiers, et notamment dans le 9<sup>e</sup> et le 18<sup>e</sup> arrondissement. Ce nouveau modèle est destiné, dans la pensée de la direction des travaux, à remplacer progressivement les bœcs à consoles appliqués contre les murs des maisons lesquels présentent, en effet, des inconvénients de diverses sortes.

1<sup>o</sup> La lumière vient de trop haut, elle n'éclaire pas suffisamment la chaussée. Pourtant, l'on ne peut pas fixer plus bas les scottements de ces consoles, à cause des corniches et des menuiseries des devantures de boutiques, qu'il faut, autant que possible, laisser intacts.

2<sup>o</sup> Les embarras qu'occasionne le pose des tuyaux dans les maçonneries des maisons et la difficulté des déposes et remises

en place en cas de fuite. La ville n'est pas libre, et elle est obligée de faire appel aux propriétaires, aux gérants et aux architectes de chacune des maisons, pour lesquels il y a des réparations ou des changements à faire.

3° Enfin, la question d'aspect rendait depuis longtemps désirable la substitution d'un modèle nouveau, à surface bronzée et à lanterne ronde, aux antiques boîtes à lanterne carrées, dont les lourds chassis projettent de larges ombres sur une bonne partie de la surface éclairée. Néanmoins, la ville a conservé, conjointement avec les lanternes rondes, un modèle à lanternes carrées, mais monté avec des chaînes élégantes et très légères.

Pour ce qui est du prix, ce nouveau modèle est plus cher que l'ancien, mais les avantages dans la facilité du service et la perfection de l'éclairage, doivent compenser cette différence dans les frais de premier établissement.

Voici les chiffres relatifs au type dont il s'agit, dont l'installation a été faite sous la direction de M. Nouton, Ingénieur des ponts et chaussées et dont la construction a été confiée à M. Descarrières.

4 <sup>e</sup> candélabre revient à la ville 5 . . . 82. "	
5 <sup>e</sup> cuivrage galvanique . . . . .	95. "
4 <sup>e</sup> lanterne ronde nouveau modèle	43.27
4 <sup>e</sup> raccord de la lanterne . . . . .	3.80
4 <sup>e</sup> fouille pour le socle . . . . .	2. "
4 <sup>e</sup> scellement . . . . .	8. "
4 <sup>e</sup> mise à plomb . . . . .	1.50
4 <sup>e</sup> montage . . . . .	2.50
4 <sup>e</sup> pose de la lanterne . . . . .	78
4 <sup>e</sup> 4 <sup>m</sup> de plomb de 13 <sup>m</sup> 5 1 <sup>st</sup> 32	
le mètre . . . . .	5.28

La lanterne carrée nouveau modèle n'abaisse pas beaucoup ce prix de revient, car elle coûte seulement 42<sup>fr</sup>.50 au lieu de 43<sup>fr</sup>.27.

Le poids total du candélabre de ce modèle est de 162 Kilogrammes on peut valoir sur particuliers au prix de 95<sup>fr</sup>.

D'autre part, l'on vient d'expérimenter à Paris, un système d'éclairage absolument neuf.

Aux jours il est faite de voir, Avenue Victoria, à l'annexe de l'hôtel de ville, un nouveau modèle de lanternes, dont l'inventeur M. Dunet propose l'application à l'éclairage de la ville de Paris.

Cette lanterne qui est éclairée au gaz porte un cadran renfermé entre deux



verres, l'un pour garantir les aiguilles, l'autre pour éviter que le vieillissement de la flamme ne brûle les fils de l'électro-aimant et pour empêcher la dilatation des métaux composant l'appareil magnétique qui sert à la marche des aiguilles.

Au dessus du plan incliné des verres de la lanterne et sur chaque face, est disposée une partie droite, portant plusieurs indications d'utilité publique: le numéro de l'arrondissement, le nom de la rue, l'adresse de la mairie, de la poste aux lettres, du bureau télégraphique etc.

Des postes nombre suffisant, seront établis dans différents endroits de la ville de Paris et l'heure leur sera portée toutes les trente secondes par un régulateur établi à l'observatoire.

Ces postes seront munis du nombre de batteries d'éléments nécessaires pour distribuer dans les sections dépendantes du poste, au moyen de compteurs-relais, le courant électrique au tanternes pourvus de compteur à cadran. On aurait ainsi instantanément et sans aucune variation, l'heure solaire moyenne dans tous les quartiers de la Capitale.



Académie des sciences

17 Avril 1876

*Nouvelles recherches sur les carbures  
pyrogénés et sur la composition du gaz  
de l'éclairage.*

*Par M. Berthelot*

1. Le gaz de l'éclairage offre un intérêt  
tout particulier dans l'étude des carbures  
pyrogénés, parce qu'il renferme les pro-  
duits des réactions diverses qui peuvent  
s'exercer entre ces corps à la température  
rouge. Or, la théorie des corps pyrogé-  
nés indique que presque tous les carbu-  
res d'hydrogène doivent prendre naissance  
à cette température, du moment où l'acéty-  
lène et l'hydrogène se trouvent en pré-  
sence; tous ces carbures étant liés entre  
eux, d'après mes expériences <sup>(1)</sup>, par des  
lois régulières de transformation et par des  
rotations d'équilibre, telles que l'existence  
de l'un quelconque d'entre eux à la tem-  
pérature rouge entraîne comme conséquence,  
la formation successive de tous les autres.

(1) Voir le résumé que j'ai donné dans ma  
synthèse chimique, p. 219 & 215, Chez Germer-  
Baillière, 1876.

L'étude approfondie du gaz de l'éclairage fournit de nouvelles preuves à l'appui de cette théorie. En effet, je vais exposer des faits qui tendent à établir dans ce gaz la présence de la benzine  $C^{12}H^6$ , du propylène  $C^6H^6$ , de l'allylène  $C^6H^4$ , du crotonylène  $C^8H^6$ , du téréne  $C^{10}H^8$ , et à fournir quelques notions sur leurs proportions relatives.

2. Benzine. — La présence de la benzine dans le gaz de l'éclairage est une conséquence nécessaire de l'existence de ce carbure dans ses produits de distillation (Faraday, Mainfield) et de sa tension de vapeur (60 millimètres à 15 degrés, d'après M. Regnault). Quelque diminuée que cette tension puisse être par la présence des matières goudroneuses, on sait qu'on démontre aisément la benzine en dirigeant le gaz à travers l'acide nitrique fumant, qui le change en nitro-benzine : 2 à 3 centimètres cubes de gaz et une gouttelette d'acide, que l'on délue ensuite, suffisent pour en reconnaître l'odeur caractéristique. En dirigeant lentement 50 litres de gaz à travers 8 à 10 centimètres cubes d'acide, puis en précipitant par l'eau la nitrobenzine que l'on perce, on peut même doser approximativement

la benzine. J'ai trouvé aussi, dans divers essais, 2 à 3 volumes de vapeurs de benzine sur 100 volumes du gaz provision, nombres un peu faibles à cause de la difficulté de condenser les fumées qui s'échappent de l'acide. (1) La nitrobenzine ainsi obtenue renferme un pseudo toluène et quelques produits accessoires. Mais ce procédé de dosage est d'une exécution assez lente.

En voici un autre plus prompt et qui permet d'opérer sur 15 à 20 centimètres cubes de gaz d'éclairage. On prend un flacon de 15 à 20 centimètres cubes à large ouverture, bouché à l'éméri; on en jauge d'abord la capacité, dans les conditions de l'analyse. A cette fin, on le remplit d'eau sous la cuve et l'on déplace cette eau à l'aide d'un courant d'air, le flacon renversé étant tenu bien vertical; cela fait, on prend un très petit tube formé par un bout, d'une capacité égale à 1 centimètre cube ou 1<sup>cc</sup>.50, on le remplit d'eau et on l'introduit dans le flacon, on soulève le petit tube à l'aide du bouchon que l'on ajoute ensuite.

---

(1) Il convient aussi de tenir compte dans ces essais de la solubilité de la nitrobenzine dans l'eau acide.



On retire aussitôt le bouchon et l'on fait passer l'air du flacon dans un tube gradué, divisé en dixièmes de centimètre cube. On répète cinq à six fois cette opération : les résultats partiels doivent concorder à  $\frac{1}{10}$  de centimètre cube, et la moyenne à  $\frac{1}{10}$  : on obtient ainsi la capacité du flacon dans les conditions de l'analyse future. Pour exécuter celle-ci, on remplit exactement sur l'eau le petit flacon avec du gaz d'éclairage (présablement débarrassé d'acide carbonique) : on y introduit le même petit tube, rempli cette fois, d'acide nitrique fumant, et l'on bouche aussitôt. On agite, ce qui change la vapeur de la benzine en nitrobenzine. Après un moment on débouche vivement, opération qui doit être faite avec dextérité, attendu que la tension de l'acide fumant accroît le volume du gaz dans une proportion souvent supérieure à la quantité de vapeur de benzine absorbée. C'est pour compenser cette augmentation que l'on a choisi un bouchon un peu volumineux ; mais il faut l'abaisser assez vite pour que les gaz intérieurs n'aient pas le temps de se dégager entre le cot et la surface du bouchon. A part ce petit tour de main, l'opération est facile. Cela une fois exécuté, on introduit un fragment



de potasse pour absorber la vapeur nitrique, puis on mesure le résidu. La diminution de volume représente la vapeur de benzine et de toluène, sont 4,22 absorbable dans ces conditions en proportion notable, et après mes essais. En effet, l'acétylène et le gaz oléfiant se retrouvent après l'analyse, pourvu que leur proportion ne surpasse pas quelques centièmes. J'ai trouvé, pour la vapeur de benzine des nombres compris entre 3 et 3,5 centièmes en volume.

Je dois dire cependant que ce nombre doit comprendre quelque trace d'un autre carbure car il se forme une petite quantité d'acide carbonique dans la réaction de l'acide nitrique; mais c'est là un phénomène accessoire et négligeable dans les conditions décrites.

Comme contrôle, j'ai examiné l'action de l'acide sulfurique et celle du brome sur le gaz même des essais précédents. Le brome absorbait 3,7 centièmes du gaz primitif, chiffre à peine supérieur à celui de la vapeur de la benzine. L'acide sulfurique bouilli, par une action immédiate, a absorbé  $1/8$  centièmes; mais il convient de déduire de ce chiffre la vapeur d'eau, dont la tension

représentait 1,6 dans les conditions des expériences. Il reste donc 0,2 centièmes au plus pour les carbures, quels qu'ils soient, absorbables par l'acide sulfurique bouilli (propylène, allylène, crotonylène etc) chiffre si petit que l'on ne saurait en répondre. Le brome agissant ensuite sous le résidu de cette réaction, a absorbé 3,5 centièmes, chiffres à peine différents du volume absorbable par l'acide nitrique.

Il suit de ces essais que les carbures qui ne sont absorbables immédiatement ni par l'acide nitrique fumant, ni par l'acide sulfurique bouilli, tout en étant absorbables par le brome, c'est à dire l'acétylène, l'éthylène etc n'existent qu'en très faible proportion, à 3 millièmes au plus : résultat conforme aux expériences déjà anciennes par lesquelles j'ai extrait directement, puis régénéré l'éthylène (sous forme d'iode, en 1854) et l'acétylène (sous forme d'acétylure cuivreux) du gaz de l'éclairage.

En résumé, le benzène constitue le carbure le plus abondant, après le formène, dans le gaz de l'éclairage parisien. Elle s'y trouve à la proportion de 3 pour 100 environ en volume, ou 100 grammes pour 3 litres de benzène.

représentés dans un tel gaz le carbure  $\text{C}_2\text{H}_2$  éclairant par excellence; bien que ce gaz, dépouillé de vapeurs de benzine conserve encore un pouvoir éclairant sensible, sans doute & cause de la présence de quelques petites quantités des carbures saturés de la série forménique  $\text{C}_2\text{H}_4$  &  $\text{C}_3\text{H}_8$ , plus condensés que le formène lui-même.

Les analyses eudiométriques par combustion, seules employées naguère pour l'étude du gaz d'éclairage, ne fournissent que des indications imparfaites. La traduction de leurs résultats par les noms de carbures déterminés, éthylène, butylène etc qui se rencontrent à la dose de 4, 6 ou 8 centièmes, est absolument erronée, comme reposant sur un simple jeu d'équations algébriques, calculées dans l'hypothèse de certaines inconnues, qui ne sont pas conformes à la réalité.

3. L'existence et la proportion approximative de l'éthylène et de l'acétylène étant indiquées par les épreuves rapportées plus haut je passe sur autres gaz hydrocarbonés.

4. Propylène, butylène, allylène etc

J'ai cherché à caractériser ces gaz en les unissant à l'acide sulfurique pour les changer ensuite en hydrates. A cet effet, j'ai fait traverser le gaz de l'éclairage



(aspiré à l'aide d'une trompe) d'abord à travers de l'acide sulfurique étendu de son volume d'eau, puis à travers une colonne de pierre ponce fortement imbibée d'acide sulfurique concentré. Au bout d'un temps suffisant, j'ai examiné les produits. Dans le premier flacon (acide étendu) s'est condensée une matière gonflonneuse (4 à 5 grammes pour 100 mètres cubes) qui ne fournit pas de produits volatils avant et avoir été chauffée vers 360 à 400 degrés. Je n'en ai pas poursuivi l'étude; mais je pense qu'elle dérive de la condensation polymérique de quelque carbure très allévable, tel que le disétylène ou des corps analogues. L'acide aqueux lui-même soumis à un système convenable de distillation fractionnée, a fourni finalement un peu d'acétone, soit 0.<sup>6</sup> 25 environ par 100 mètres cubes. Je regarde ce corps comme signalant l'existence de l'allylène  $C^6H^4$ , dont il représente l'un des hydrogènes. Mais une portion de ce carbure a dû se changer en triallylène (mésitylène) sous l'influence de l'acide; cette portion sera évaluée plus loin à 1.<sup>6</sup> 25 par 100 mètres cubes.

Dans le second flacon ou, plus exacte-



-ment, dans le vase en colonne qui contient la pierre ponce, l'acide sulfurique s'est écoulé peu à peu vers la partie inférieure, laissa libre le dessus. On y trouve deux couches liquides, savoir un mélange d'hydrocarbures, qui surnage, et de l'acide sulfurique, plus ou moins altéré, chargé de l'eau enlevée au gaz, et répandant une forte odeur d'acide sulfureux. Cette couche inférieure, isolée et étendue d'eau, laisse précipiter une substance hydrocarbonée, visqueuse et volatile seulement au dessus de 300 à 400 degrés: je n'ai réussi à en tirer aucun corps défini; mais il n'est pas douteux qu'elle ne représente des produits polymérisés (25 grammes par 100 mètres cubes). L'acide étant étendu d'eau et distillé à plusieurs reprises, j'ai obtenu finalement de l'alcool isopropylique, mêlé avec quelque peu des hydrates analogues (en tout 0<sup>gr</sup> 5 par 100 mètres cubes de gaz) ce composé signale l'existence du propylène et fournit quelque indice sur sa proportion bien qu'une portion sût dû être polymérisée.

J'exposerai prochainement les résultats fournis par l'examen des hydrocarbures insolubles dans l'acide sulfurique.

# Sur le gaz de l'éclairage et les carbures pyrogénés.

Par M. Berthelot

24 Avril 1876

1. J'ai dit comment le gaz de l'éclairage dirigé à travers une colonne de pierre ponce imbibée d'acide sulfurique concentré, fournit un liquide qui se sépare en deux couches, l'une formée par l'acide sulfurique plus ou moins altéré, l'autre par un mélange d'hydrocarbures. C'est ce mélange dont je vais m'occuper. Il s'élevait à 25 grammes par 100 mètres cubes de gaz.

Soumis à trois séries méthodiques de distillation fractionnées, il a été résolu ainsi en :

Benzine mêlée avec un peu de toluène	2	} 100
Mesitylène (vers 160 à 170°) $C^{18}H^{12}$	5	
Cynène (vers 180°) $C^{20}H^{14}$	20	
Tricrotanylène (220 - 240°) $C^{24}H^{18}$	30	
Colophène (300 - 320°)	32	
Résidu fixe à 320°	5	
Produits intermédiaires et perte	6	

2. Benzine. — Elle a été reconnue par ses réactions classiques. Elle tire son origine de la vapeur préexistante, dont une faible portion demeure dissoute dans les liquides condensés. La petitesse de cette portion, relativement à la masse totale de la benzine en vapeurs, s'explique parce que le gaz d'éclairage, même

après la réaction de l'acide sulfurique, n'est pas saturé de cette vapeur qui n'y possède qu'environ que les  $\frac{1}{5}$  de sa tension maximum. Cette observation applicable a fortiori pour les autres vapeurs de carbures préexistants, dont la quantité relative dans le gaz est bien plus faible que celle de la benzine montre que dans leur liquéfaction au contact de l'acide ne saurait donner lieu qu'à des proportions négligeables de matière. Les carbures suivants ne préexistent donc pas; mais ils résultent de carbures plus volatils transformés par l'acide sulfurique.

3. Le mésitylène  $C^{18}H^{12}$  donne à l'analyse:  
 Trouvé  $C = 89.7$       Théorie  $C = 90.0$   
            $H = 10.3$                        $H = 10.0$

Il bouillait vers 165 degrés et offrait les propriétés et réactions connues du mésitylène de l'acétone. J'attribue l'origine de ce carbure à la condensation de l'allylène  $3 C^6H^4 = C^{18}H^{12}$ , sous l'influence de l'acide sulfurique, 100 mètres cubes de gaz en ont fourni 1<sup>er</sup> 25, ce qui joint à l'allylène changé en acétone ferait 8 millièmes en volume d'allylène (au minimum) dans le gaz d'éclairage.

4. Le Cymène  $C^{20}H^{14}$ , a donné à l'analyse:  
 Trouvé  $C = 89.3$       Théorie  $C = 89.5$   
            $H = 10.7$                        $H = 10.5$

Il bouillait vers 180 degrés. Les propriétés



et réactions générales de ce corps étaient les mêmes que pour le cymène du camphre. Je regarde le cymène précédent comme formé par l'action oxydante de l'acide sulfurique sur un térébène (Ribou)  $C^{10}H^{16}$  qui lui-même dériverait de la condensation d'un carbure  $C^{10}H^8$ ;  $2 C^{10}H^8 = C^{20}H^{16}$ , carbure beaucoup plus volatil, contenu dans le gaz d'éclairage; c'est le téréne ou propylacétylène  $C^6H^6C^4H^2$ , homologue de l'éthylène (méthylacétylène) et du crotonylène (éthylacétylène). J'y reviendrai.

5. Le Tricrotonylène  $C^{24}H^{18}$  donne l'analyse:

Trouvé C = 88.8	Théorie C = 88.9
H = 11.2	H = 11.1

Ce carbure bout aux environs de 230 degrés. L'acide nitrique fumant le dissout à la façon des carbures benzéniques, dont il possède les réactions générales. Ce corps est isomère avec la triéthylbenzine vis à vis de laquelle il offre les mêmes relations que le triallylène vis à vis de la triméthylbenzine. Le tri-crotonylène ne diffère de l'acénophtène (formé également par l'union successive de six résidus éthyléniques) que par de l'hydrogène, et je pense qu'il se retrouvera dans le goudron de houille. Le tricrotonylène obtenu dans l'opération précédente me paraît dériver du crotonylène  $C^8H^6$  contenu



dans le gaz et polymérisé par l'acide sulfurique :  $C^8H^6 = C^{24}H^{18}$ . 100 mètres cubes de gaz en ont fourni  $7^{\text{e}} 5$ , soit 31 millions mes en volume de crotonylène gazeuse au minimum.

6. Le colophène ou triterène  $C^{30}H^{24}$  donne à l'analyse :

$C = 88.4$  Théorie  $O = 88.2$

$H = 11.3$

$H = 11.8$

Il distille vers 300 degrés. Ses propriétés physiques et ses réactions étaient celles du colophène ordinaire (1). De même que pour ce dernier, l'analyse indique des nombres un peu faibles pour l'hydrogène, sans doute à cause du mélange d'un carbure moins hydrogéné, tel qu'un tétracy-mène  $C^{30}H^{22}$  ou  $C^{10}H^8$   $C^{20}H^{14}$ ; mais je n'insiste pas sur ce point.

Le colophène résulte sans doute de la

(1) J'admets ici pour le colophène, qui distille vers 300 degrés, la formule  $C^{30}H^{24}$ , au lieu de  $C^{40}H^{32}$ . J'ai été conduit à cette opinion par l'examen de la réaction de l'acide iodhydrique (Bulletin de la société chimique, 2<sup>e</sup> série t. XI p. 26, 1869) et par la densité de vapeur du coprahène (p. 31). M. Ribon a même trouvé récemment, pour la densité de vapeur du colophène, le chiffre 8.3 qui n'est pas très-éloigné de 7.14 exigé par la théorie.

polymérisation par l'acide sulfurique du  
 téréne signalé plus haut:  $3C^{10}H^8$   $C^{30}H^{24}$ ,  
 100 mètres cubes de gaz ont fourni 13 gram-  
 mes de cymène ou de colophène réunis,  
 qui représenteraient un poids à peu près  
 égal du téréne primitif, soit 42 millièmes  
 de téréne gazeux en volume (sans préjudice  
 des polymères plus condensés qui n'ont pu  
 être dosés)

7. D'après ces résultats, la portion ab-  
 sorbée par le brome, qui constitue la plus  
 grosse fraction de la portion éclairante du  
 gaz parisien, serait composée à peu près de  
 la manière suivante, pour un million de vo-  
 lumes de l'échantillon sur lequel j'ai opéré:

Benzène en vapeurs $C^6H^6$	30000 à 35000
Acétylène $C^2H^2$	1000 environ
Ethylène $C^2H^4$	1000 à 2000
Propylène $C^3H^6$	2.5
Allylène $C^3H^4$	8
Butylène $C^4H^8$ et analogues	traces
Cycloanylène $C^8H^6$	31
Téréne $C^{10}H^8$	42
Carbures identiques aux précédents ou dissemblables, mais transformés en polymères presque fixes, estimés d'après le poids des polymères)	583
Diacétylène et carbures analo- gues, estimés de même	15

181 (1)

(1) Ces chiffres sont un minimum, une propor-  
 tion inconnue des divers carbures ayant pu  
 traverser l'acide sulfurique sans s'y modifier.

8. Ces carbures peuvent être regardés comme produits en partie par la distillation sèche et en partie comme dérivant les uns des autres et du formène, suivant les réactions régulières que j'ai observées dans l'étude des carbures pyrogénés. En effet j'ai signalé les métamorphoses réciproques et directes des quatre hydrures de carbone fondamentaux : l'acétylène  $C^2H$  (2 v.), l'éthylène  $C^2H^2$  (2 v.), le méthyle  $C^2H^3$  (2 v.), et le formène  $C^2H^4$  (4 v.) qui constituent avec l'hydrogène, un système en équilibre, système tel, que les quatre carbures fondamentaux se forment à la température rouge sur dépens de l'un quelconque d'entre eux pris comme point de départ : c'est là un fait d'expérience.

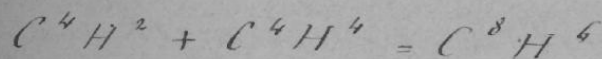
J'ai aussi montré, par expérience, comment le formène libre engendre directement, non-seulement l'éthylène  $(C^2H^2)^2$ , mais aussi le propylène  $(C^2H^2)^3$ , et probablement toute la série des carbures polymères  $(C^2H^2)^n$ .

L'acétylène libre engendre également par synthèse directe, la benzine  $C^{12}H^6 = (C^4H^2)^3$ , et toute une série de polymères  $(C^4H^2)^n$ , entre lesquels la benzine prédomine, à cause de sa grande stabilité.

Tous ces corps se retrouvent, en effet, dans le gaz d'éclairage et dans le goudron

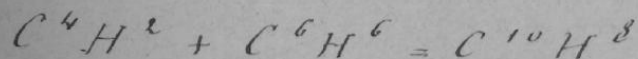


de houille forme simultanément. Non seulement les quatre carbures fondamentaux  $C^2H$ ,  $C^2H^2$ ,  $C^2H^3$ ,  $C^2H^4$  et les polymères des deux premiers  $(C^2H)^{2n}$  prennent ainsi naissance, mais tous ces corps se combinent deux à deux, toujours sous l'influence de la température rouge, pour constituer des carbures plus compliqués, en équilibre avec les carbures plus simples qui les engendrent. C'est ainsi que j'ai constaté, avec l'acétylène et le benzène, la synthèse immédiate du styrolène  $C^{16}H^8$ ; avec l'acétylène et le styrolène, la synthèse de la naphthalène  $C^{20}H^8$ ; avec l'acétylène et la naphthalène, la synthèse de l'acénaphlène,  $C^{24}H^{10}$ ; avec le styrolène et le benzène, la synthèse de l'anthracène  $C^{24}H^{10}$ ; tous ces carbures qui se retrouvent dans le goudron de houille. De même j'ai reconnu que l'acétylène et l'éthylène se combinent à volumes égaux vers le rouge sombre.



pour constituer l'éthylacétylène, carbure dont M. Brunier a été l'identité avec le crotonylène et qui se retrouve dans le gaz d'éclairage.

J'ai également reconnu, dans des essais inédits, que l'acétylène et le propylène s'unissent directement et dans les mêmes conditions.



pour constituer le propylacétylène, carbure



liquide entièrement volatil, très altérable par l'acide sulfurique. L'expérience est surri facile à réaliser que la synthèse de l'éthylacétylène, quoique un peu moins nette, a cause de la formation simultanée d'un peu de benzène, sur dépens de l'acétylène. Cependant, en opérant dans une étioche courbe, une demi-heure de chauffe suffit pour combiner un tiers du propylène et de l'acétylène, ce propylacétylène me semble identique avec le téréne du gaz d'éclairage et probablement aussi avec le carbure dérivé du caoutchouc, au moyen duquel M. Bouchardat a effectué la synthèse du terpilène et de divers autres carbures térébéniques.

Ces observations montrent quelles liaisons existent entre la formation des divers carbures du gaz d'éclairage. Dans toute opération de ce genre, accompagnée à la température rouge, une première analyse, presque analyse, presque altérée, tend à ramener les principes originels à l'état des quatre carbures fondamentaux : acétylène, éthylène, méthyle et formène, lesquels se recombinent aussitôt pour former par synthèse tout le système des carbures pyrogénés.

—

## Académie des sciences

24 Avril 1876.

Le soufre dans le gaz d'éclairage  
 Note de M. A. Virrigo présentée  
 par M. Bortholot (l'ait)

J'ai déterminé la quantité de soufre dans le gaz d'éclairage d'Odessa, tel qu'il est livré après la purification, à la consommation. J'ai trouvé que 100 pieds cubes anglais de ce gaz renfermaient au mois de Novembre, 2 grammes, 1<sup>gr</sup> 81, 1<sup>gr</sup> 9, 1<sup>gr</sup> 9, 2<sup>gr</sup> 04 de soufre; au mois de Décembre 2<sup>gr</sup> 2 de soufre.

Avec ce gaz, renfermant environ 2 grammes de soufre sur 100 pieds cubes anglais, j'ai fait les expériences suivantes.

Dans une chambre de 10000 pieds cubes de capacité, et dont l'air a été complètement renouvelé avant l'expérience, on a placé, à diverses hauteurs des papiers trempés du réactif par l'acide sulfurique (amidon et iodate de potasse) et l'on a allumé dix becs de gaz. Après dix minutes, les réactifs de niveau supérieur ont montré très-nettement la présence de l'acide sulfurique. Après quinze minutes, la présence de cet acide se manifeste à un niveau intermédiaire, et, après trente minutes,

des réactifs disposés presque au plancher ont attesté l'acide sulfurique dans la couche la plus inférieure.

De cette manière, environ 40 papiers réactifs incolores au début de l'expérience se sont colorés d'un bleu très intense, et dans chacun de ces papiers on a pu facilement démontrer la présence de l'acide sulfurique. J'ai remarqué que l'acide sulfurique est très-irégulièrement répandu dans l'air de la chambre. En s'élevant avec les autres produits chauds de la combustion, il se trouve dans les couches supérieures en quantité plus grande, mais on remarque, dans les couches du milieu et dans les couches inférieures, des accumulations accidentelles considérables. A ces couches pauvres en acide sulfurique succèdent des couches qui en sont très riches. En quelques points les proportions d'acide sulfurique sont assez grandes pour que l'on puisse sentir l'odeur piquante de cet acide.

2. Un paquet de fil de coton du poids d'environ 450 grammes, lavé à l'eau distillée pour constater qu'il ne contient pas la moindre trace d'acide sulfurique, puis séché, mais incomplètement, a été suspendu dans la même chambre. On a allumé dix bœcs de gaz, et, après deux ou trois heures l'expérience était terminée.



Les fils, alors complètement secs, ont été lavés à l'eau distillée. Cette eau de lavage avait une réaction fortement acide, persistant après l'ébullition; elle renfermait des quantités insignifiantes d'acide sulfureux, et son acidité dépendait de la présence d'acide sulfurique. En déterminant dans quelques expériences, les quantités de ce dernier acide, je les ai trouvées variables entre 0,05 et 0,4. Cette expérience prouve que l'acide sulfureux, produit de la combustion du gaz, peut, dans des circonstances semblables à celles de l'expérience, s'oxyder très-facilement et se fixer à l'état d'acide sulfurique sur des objets environnants. Je crois que les circonstances décrites se retrouvent facilement dans un magasin d'étoffes, d'habits etc. Les objets exposés dans ces magasins possèdent au moins, en hiver, l'état d'humidité convenable. On a donc toutes les conditions pour que la quantité d'acide sulfurique une fois déposée sur un objet, s'ille en augmentant: cet acide ne tardera pas à produire son action destructive qui, au premier abord, n'est accusée par aucun phénomène visible. La réaction acide qui s'est communiquée à l'eau du lavage, et qui ne disparaît pas à l'ébullition prouve que la quantité d'ammoniaque stimos-



-phérique n'était pas suffisante pour saturer tout l'acide sulfurique formé.

J'ai été conduit ainsi à penser qu'on devrait pouvoir trouver les traces de l'action destructive de l'acide sulfurique sur les différents objets exposés dans les magasins éclairés par le gaz : ces traces sont nombreuses à Odessa ; je me contenterai de citer un exemple :

Je conserve encore une partie métallique d'une lampe, ayant la forme d'une assez grosse boule, qui avait été exposée dans un magasin bien éclairé par le gaz à Odessa. Cette boule a bientôt perdu son éclat et est devenue verdâtre. En l'examinant, j'ai trouvé que sa surface était corrodée et couverte d'une substance verdâtre. En lavant la boule à l'eau distillée, j'ai obtenu une solution incolore, troublée par la présence d'une substance verte en suspension. La solution avait une réaction acide, contenait de l'acide sulfurique et donnait à l'évaporation des cristaux de sulfate de zinc, reconnus par diverses réactions. L'analyse montre que l'alliage métallique formant la boule contenait du cuivre et du zinc. Il est facile maintenant de comprendre l'altération prompte de cet alliage, dans l'atmosphère chargée de produits de combustion d'un gaz contenant l'azote et le soufre.

sur 100 pieds cubes anglais.

M. Berthelot appelle l'attention de l'Académie sur l'intérêt des résultats annoncés par M. Verigo. Il ajoute que, s'il est aisé de priver le gaz d'hydrogène sulfuré, il n'en est pas de même de la vapeur de sulfure de carbone et autres composés volatils analogues, dont la séparation industrielle offre de grandes difficultés.

---

## Académie des sciences

26 Mars 1877

---

### Remarques sur la présence de la benzine dans le gaz de l'éclairage

Par M. Berthelot

---

1. Le pouvoir éclairant du gaz parisien, paraît dû, en majeure partie, à la présence de la vapeur de benzine, les autres carbures condensés s'y trouvant en proportion beaucoup plus faible : telle est la conclusion à laquelle j'ai été arrivé, dans des recherches présentées l'an dernier à l'Académie (voir ann. de chimie et de physique 5<sup>e</sup> série t. X p. 169). Cette conclusion n'est applicable en toute rigueur que pour

un gaz d'éclairage préparé avec des houilles à benzine, et sous l'influence d'une température rouge très élevée et longtemps prolongée : dernières conditions qui tendent à ramener tous les mélanges de carbures d'hydrogène à certains états d'équilibre, déterminés par leurs actions réciproques. Les gaz tirés des boghead, des schistes, des résines, ou du cannab-coal, par une simple distillation opérée vers le rouge sombre, ont une composition différente, tant en raison de la richesse plus grande en hydrogène des matières premières, que de la dissociation moins avancée des carbures pyrogénés.

Il m'a paru utile de contrôler mes premiers résultats par de nouvelles analyses.

2. C'est au moyen de l'acide nitrique fumant que je suis parvenu à démontrer l'existence prépondérante de la benzine, dans le gaz d'éclairage soit 3 centièmes environ en volume. L'emploi quantitatif de ce réactif est déjà décisif ; car il produit de la nitro-benzine, composé très caractéristique. 8 à 10 centimètres cubes de gaz d'éclairage suffisent à la rigueur pour préparer l'aniline et son dérivé bleu.

L'emploi quantitatif de l'acide ni-

nitrique fumant est plus délicat. En effet, cet agent est susceptible d'attaquer peu à peu non-seulement la benzine, mais aussi la plupart des autres carbures d'hydrogène, avec formation d'acide oxalique et d'autres substances signalées par divers observateurs. Ce qui en rend cependant l'emploi possible et légitime dans l'analyse, c'est cette double circonstance : d'une part que les carbures les plus attérables (propylène, allylène etc) n'existent qu'à l'état de traces dans le gaz parisien; et, d'autre part, que l'éthylène (qui n'y est guère plus abondant et ailleurs) n'est pas attaqué d'une manière sensible par l'acide nitrique fumant, dans les conditions de courte durée, de basse température et de dilution progressive où j'opère, et où la benzine est au contraire absorbée. En raison de ces faits, on peut analyser le gaz d'éclairage à  $\frac{1}{200}$  près, par les procédés rapportés ici.

3. J'ai contrôlé ces résultats en brûlant les gaz dans l'eudiomètre, avant et après l'action de l'acide nitrique. Voici quelques unes des vérifications.

(1) Hydrogène = 89<sup>vol</sup> 5; oxygène = 60.5. on fait étalonner. Diminution



totale =  $134^{\text{vol}}.0$ , ce qui répond à  $H = 89.3$ ;  $Az = 0.2$ .

(II)  $H = 134^{\text{vol}}.5$ ; on y ajoute quelques gouttes de benzine pure; ce qui porte le volume à  $143.0$ . On sépare par transvasement le gaz de l'excess de liquide, et l'on y ajoute de l'hydrogène, jusqu'à porter le volume total à  $212^{\text{vol}}.5$ , ce qui fait en centièmes :

$$H = 95.8; C^{12}H^6 = 4.0; Az = 0.2$$

(III) On brûle ce mélange dans l'eudiomètre.

L'analyse indique :  $H = 95.7$ ;  $C^{12}H^6 = 4.1$ ;  $Az = 0.2$  en volumes.

(IV) Ce mélange est introduit, sur l'eau, dans un petit flacon qui en renferme  $13^{\text{cc}}.85$ ; on le traite par 1 centimètre cube d'acide nitrique fumant (densité =  $1.46$ ) <sup>(1)</sup>, en observant les précautions décrites dans mon mémoire (ann. de chimie et de phys. 5<sup>e</sup> série t. X p. 172). Au bout d'une demi-minute d'agitation on transvase le gaz dans un tube gradué, et on le traite

---

(1) L'acide pesant  $1.36$  n'absorbe pas nettement la benzine dans ces conditions, vers  $10$  à  $12$  degrés. L'acide fumant employé ne doit renfermer que des proportions d'acide nitreux nulles ou très faibles.

par la potasse. Il reste  $13^{\text{cc}}3$ ; ce qui fait pour 100 volumes  $\text{C}^{12}\text{H}^6$  absorbée = 4,0 (gaz humide) ou 4,1 (gaz sec).

(V) Comme contrôle, ce résidu transporté sur le mercure a été brûlé dans l'eudiomètre. On a obtenu :

$\text{H} = 99,0$ ;  $\text{C}^{12}\text{H}^6$  ou  $\text{C}^{12}\text{H}^5\text{AzO}^4 = 0,2$ ;  $\text{Az} = 0,8$  (ce dernier introduit en partie pendant les opérations). Ces résultats pourraient aussi être interprétés, sans erreur bien sensible, en admettant 1,2 d'oxyde de carbone formé dans la réaction. En somme, l'acide a absorbé en totalité, ou sensiblement le benzène, sans agir sur l'hydrogène.

(VI) On mélange l'hydrogène et l'éthylène dans les rapports  $\text{H} = 93,8$ ;  $\text{C}^4\text{H}^4 = 6,0$ ;  $\text{Az} = 0,2$ .

(VII) On traite  $138 \text{ vol. } 5$  de ce mélange par l'acide nitrique fumant. Le volume se réduit à  $138,0$ ; on transporte ce résidu sur le mercure, et on le brûle dans l'eudiomètre ce qui fournit :

$\text{H} = 93,6$ ;  $\text{C}^4\text{H}^4 = 5,9$ ;  $\text{Az} = 0,5$

L'éthylène n'a donc été absorbé que dans une proportion négligeable.

(VIII) On traite  $138 \text{ vol. } 5$  d'éthylène par l'acide nitrique fumant, dans les mêmes conditions. Dans deux essais, on a trouvé le volume réduit à

132 et 131, c'est à dire une absorption de 5 centièmes, soit les deux tiers environ du volume de l'acide nitrique employé, soit encore un vingtième de volume total de l'éthylène. Cette faible absorption est-elle due à une action dissolvante proprement dite, ou à un commencement d'attaque? C'est ce que je ne saurais décider. En tous cas, on est autorisé à admettre d'après les essais (VII) et (VIII), que la réaction lente produite par l'acide nitrique, dans les conditions désignées, est à peu près proportionnelle à la richesse des mélanges gazeux en éthylène, surtout quand cette richesse est minime; c'est à dire que le procédé est applicable sans erreur sensible à un mélange contenant seulement quelques centièmes d'éthylène.

(IX) Pour achever de le démontrer, on a préparé le mélange :

$$\begin{aligned} H &= 91,3; C^4H^4 = 5,1; C^{12}H^6 = 3,4; \\ Az &= 0,02 \end{aligned}$$

(X) 138 vol. 5 de ce mélange ont été traités par l'acide nitrique fumant; le volume final a été réduit à 133,5 soit

$$C^{12}H^6 \text{ absorbée} = 3,6 \text{ centièmes}$$

(XI) On a transporté ce résidu sur le



mercure et on l'a fait détoner. Analyse  
 $H = 94,1$ ;  $C^4H^4 = 5,4$ ;  $Az = 0,5$

au lieu de :  $H = 94,5$ ;  $C^4H^4 = 5,3$ ;  
 $Az = 0,2$ .

(XII) L'action du brome sur l'eau a  
 fourni :  $C^4H^4$ , absorbée =  $5,5$ ; ce qui  
 concorde.

(XIII) On a fait encore quelques es-  
 sais sur le propylène et sur l'acétylène.  
 Ces gaz, pris dans l'état de pureté, sont  
 trop solubles dans l'eau pour permettre  
 des mesures exactes. Ils sont aussi plus  
 altérables que l'éthylène par l'acide nitri-  
 que fumant. Cependant, quand ils exis-  
 tent dans un mélange à la dose de quel-  
 ques millièmes seulement, on les retrouve  
 presque intacts, après un traitement par  
 l'acide nitrique fumant, dans les condi-  
 tions où j'opère. C'est ce qu'il est facile de  
 vérifier, par exemple, pour l'acétylène  
 contenu dans le gaz d'éclairage.

4 - Avant d'appliquer ces résultats à l'  
 analyse du gaz d'éclairage, je crois né-  
 cessaire de dire quelques mots de la réac-  
 tion de l'acide sulfurique sur la vapeur  
 de benzine, point sur lequel j'ai dû faire  
 une rectification, bien que la réaction en  
 question n'ait jamais joué aucun rôle  
 dans mes analyses effectuées. J'aurais  
 pensé d'abord que la vapeur de benzine



n'était pas attaquée par l'acide sulfurique concentré, trompé par ces deux observations à savoir : que la réaction des deux corps à froid ne donne pas lieu à une proportion sensible d'acide benzo-sulfurique ; et d'autre part, que les gaz renfermant de la benzine, après avoir été agités avec l'acide sulfurique pendant un temps très-long, retiennent encore une dose appréciable de cette vapeur. Quelques remarques m'ayant été adressées à cet égard, j'ai reconnu, en effet, que la vapeur de la benzine contenue dans un autre gaz est absorbée peu à peu par l'acide sulfurique monohydraté. Au bout de dix minutes, l'absorption est très-sensible ; quoique, après une heure et demie d'agitation, il reste encore près d'un demi-centième de benzine (en volume). Ce réactif ne saurait donc être employé dans des expériences précises, pour séparer la vapeur de benzine des autres carbures gazeux.

5. J'ai fait divers essais pour y substituer un acide plus dilué. Les acides  $SO^4H$  et  $SO^4H, \frac{1}{2}HO$  absorbent l'un et l'autre la vapeur de benzine, et le gaz éthylène également, sous l'influence d'une très-longue agitation. Mais cette absorption

n'a plus lieu, même au bout de quarante huit minutes d'agitation violente, si l'on opère avec l'acide bihydraté.

$\text{SO}^4\text{H}$ ,  $\text{HO}$  ( $d = 1,781 \text{ à } 14^\circ$ ) ainsi qu'il résulte des chiffres que voici.

(XIV) L'hydrogène mêlé de benzine dont j'ai donné plus haut l'analyse (III) a été agité pendant quarante huit minutes avec l'acide bihydraté  $\text{SO}^4\text{H}$ ,  $\text{HO}$ , puis brûlé dans l'eudiomètre, il a fourni :

$\text{H} = 95,7$ ;  $\text{C}^{12}\text{H}^6 = 4,0$ ;  $\text{az} = 0,3$ ; ce qui est sensiblement la composition primitive.

L'éthylène résiste également dans les mêmes conditions; deux ou trois centimètres seulement du gaz pur se trouvant absorbés.

Au contraire, le propylène est absorbé complètement par le même acide  $\text{SO}^4\text{H}$ ,  $\text{HO}$ , au bout de trois minutes d'agitation énergique. L'acétylène l'est aussi, mais au bout de vingt cinq minutes seulement.

L'acide plus étendu, tel que  $\text{SO}^4\text{H}$ ,  $2\text{HO}$  absorbe lentement le propylène; plus lentement encore l'acétylène; tandis qu'il agit immédiatement sur la vapeur d'éther.

On voit par là que l'acide bihydraté  $\text{SO}^4\text{H}$ ,  $\text{HO}$  peut être employé pour séparer le propylène et les carbures analogues,

lorsqu'ils sont mêlés avec l'éthylène et la vapeur de benzine. Au contraire, la séparation des deux derniers carbures l'un de l'autre réclame l'emploi de l'acide nitrique fumant.

6. Je vais maintenant établir que la portion du gaz d'éclairage parisien absorbable par l'acide nitrique fumant offre une composition voisine de celle de la benzine. On parvient à cette démonstration en suivant la méthode générale que j'ai proposée en 1857, laquelle consiste à comparer les équations eudiométriques avant et après l'action d'un dissolvant <sup>(1)</sup>.

Voici les résultats observés :

(XV) Gaz d'éclairage parisien recueilli vers 2 <sup>h</sup> de l'après midi et lavé à la potasse . . . . .	100 <sup>vol</sup> . 0
Après combustion . acide carbonique . . . . .	57 . 5
Diminution totale du volume . . . . .	42 . 6

(XVI) Même gaz, cède à l'acide nitrique fumant (benzine supposée)	2 . 9
(XVII) Résidu	97 . 1

Après combustion dans l'eudiomètre, acide carbonique . . . . .	41 . 8
--	--------

(1) Ann. de chim. et de phys. 3<sup>e</sup> série t. 41  
p. 62 . 1857.



Diminution totale . . . . . 190.0

---

D'où il suit que le gaz absorbé  
par l'acide nitrique soit . . . . 2.9  
à fournir : acide carbonique 57.5

- 41.8 . . . . . 15.7

La diminution totale corres-  
pondante étant  $216,0 - 190,0 = 26,0$

Les rapports entre le volume du gaz  
absorbé par l'acide nitrique, le volume  
de l'acide carbonique correspondant et  
la diminution totale, sont

1 : 5,4 : 8,9

Tandis que l'équation  
 $C^{12}H^6 + O^{30} = 6 C^{12}O^4 + 3 H^2O^2$  indique  
les rapports 1 : 6 : 8,5.

La concordance sans être absolue,  
est aussi rapprochée qu'on peut l'espérer  
dans des essais de cette nature.

f. Les données quantitatives et qualita-  
tives s'accordent donc pour faire consi-  
der la portion éclairante du gaz parisien  
comme constituée, en majeure partie par  
la vapeur de benzène. Observons d'ail-  
leurs, qu'une dose d'éthylène et même  
d'acétylène, équivalente en carbone, soit  
9 centèmes, ne produirait pas un effet lu-  
mineux équivalent, le pouvoir éclairant  
d'une flamme paraissant dû, non seule-  
ment au rapport numérique du carbone



à l'hydrogène, sont invoqués dans l'ancienne théorie de Davy, mais aussi à la condensation de ces éléments contenus dans l'unité de volume donnée que M. Frankland fait intervenir avec raison. La nature même des substances combustibles joue un rôle important attendu que les combinaisons très stables et capables de subsister quelques instants, même aux plus hautes températures développées dans l'intérieur de la flamme, telles que la benzine, interviennent d'une manière spéciale dans la composition de la lumière émise pendant la combustion.

---

## Académie des sciences

19 Août 1878

---

Etude spectrométrique de quelques sources lumineuses.

Note de M. A. Crova

---

La loi générale de l'émission des radiations émises par un corps porté à une haute température n'est pas complètement connue; Dulong et Petit (1) ont donné la loi

---

(1) Annales de chimie et de physique. 2<sup>e</sup> série T. VII.

empirique de l'émission des radiations obscures qui émanent d'un corps chauffé à des températures inférieures à 240 degrés, et M. Edm. Becquerel <sup>(1)</sup> a démontré que l'intensité des radiations rouge, verte et bleue varie avec la température du corps qui les émet, suivant une loi exponentielle analogue à celle de Dulong et Petit.

Les exponentielles qui représentent la loi d'émission des radiations de réflectibilités différentes sont représentées par des courbes dont l'origine correspond à la température à laquelle la radiation considérée commence à prendre naissance, et se relève d'autant plus rapidement que les longueurs d'ondes des radiations considérées sont plus faibles; d'après M. Edm. Becquerel, les logarithmes des bases de ces exponentielles varieraient en raison inverse des longueurs d'ondes des variations.

Ces considérations peuvent servir de point de départ à une méthode de détermination par voie spectrométrique, de la température des corps solides ou liquides incandescents.

En effet il résulte des travaux de M. Draper <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Edm. Becquerel, La lumière t. 1 p. 61, 67

<sup>(2)</sup> Draper, Philosophical Magazine t. XXX p. 345 (1847).

et de M. Edm. Becquerel que, lorsque la température d'un corps solide incandescent croît d'une manière continue, le spectre des radiations qu'il émet s'allonge vers le violet et que, en même temps, chacune des radiations de ce spectre augmente d'intensité suivant une formule exponentielle.

La température de la source lumineuse pourrait donc être mesurée :

1° Au moyen de la longueur d'onde de la radiation qui limite le spectre vers le violet ;

2° De la position du maximum colorifique du spectre, qui se rapproche d'autant plus du violet que la température d'émission est plus haute ;

3° Au moyen du rapport de l'intensité lumineuse d'une radiation déterminée  $\lambda$  puis dans le spectre de la source, à l'intensité de cette même radiation dans le spectre d'une source de température connue, comparée au rapport des intensités lumineuses d'une autre radiation  $\lambda'$  dans ces deux mêmes spectres.

Ces dernières déterminations peuvent être facilement réalisées au moyen d'un spectrophotomètre. Plusieurs observateurs ont fait usage d'instruments de ce genre (1).

(1) Goué, Comptes rendus t. 4 p. 186 (1860).  
 Trautman, Journal de physique t. V p. 297. Vierordt  
 Ann. Phys. t. 39. P. 188. Glahn, Pogg. Ann. neue Folge

Je me suis servi de celui de M. Glashn, qui permet de faire les mesures sur les radiations homogènes.

J'ai d'autre part mesuré l'intensité calorifique des radiations simples du spectre solaire, au moyen d'une pile thermo-électrique tinésire et d'un gaz-vanometre très-sensible, en me servant pour les premiers essais, d'un prisme de flint et d'un miroir concave en verre, argenté à sa surface, au lieu de lentille achromatique. L'emploi d'un réseau gravé sur métal, au lieu de prisme, permettrait d'éliminer l'influence de toute absorption sélective.

J'ai fait de nombreuses déterminations de courbes calorifiques du spectre solaire, par des journées exceptionnellement belles, à diverses époques des années 1877 et 1878. Ces courbes diffèrent par le rapport de leurs ordonnées respectives, mais surtout par la position du maximum calorifique, comme l'a montré Melloni.

Ces courbes ont été rendues comparables entre elles, en les ramenant à l'échelle des longueurs d'ondes, et en réduisant au moyen de la courbe de dispersion de prisme, les intensités à celles qui correspondraient au cas théorique du spectre normal, c'est-à-dire d'une dispersion cons-



-lente.

Voici pour la partie lumineuse de ces spectres, les moyennes d'un certain nombre d'observations concordantes, faites dans d'excellentes conditions atmosphériques. J'ai représenté par 1000 l'intensité calorifique qui correspond à une radiation rouge de longueur d'onde  $0^{\text{mm}}, 000676$ ; les intensités mesurées dans l'ultra-rouge ne peut trouver place dans ce tableau, les longueurs d'ondes correspondantes n'étant pas exactement connues.

Longueur d'onde	$0^{\text{mm}}, 000, 676$	605	560	523	486	450
Intensités	0. 01000	820	760	670	540	460

Voici maintenant les rapports des intensités lumineuses des mêmes radiations des spectres des sources suivantes, comparées à la lumière solaire : la lumière électrique (60 gros éléments de Bunsen, régulateur Foucault, avec charbon de M. Carré, au foyer d'un miroir métallique concave); lumière Drummond (oxygène et gaz d'acétylène projetés sur la chaux); lampe modérateur alimentée par l'huile de colza. J'ai mesuré le rapport de l'intensité de chacune des radiations de ce spectre, correspondant aux longueurs d'onde du tableau précédent, à l'intensité de ces mêmes radiations dans le spectre solaire,

en représentant ces dernières par les valeurs de leurs intensités calorifiques, et représentant toujours par 1000 l'intensité correspondante à la longueur d'onde 676.

longueur d'onde	0 <sup>m</sup> 000676	605	560	523	486	459
lumière électrique	0.01000	707	597	506	307	228
lumière Drummond	0.01000	573	490	299	168	73
rayon modérateur	0.01000	442	296	166	80	27

Pour des radiations lumineuses qui n'ont subi aucun affaiblissement par une transmission extérieure, il y aurait proportionnalité entre les intensités calorifiques et lumineuses, et une même radiation, quelle que soit son origine, comme l'ont démontré MM Jamin et Masson; mais les expériences de M. Dessins (1) ont montré que, dans le cas contraire, des rayons de même longueur d'onde, pris dans des spectres différents, peuvent avoir des propriétés notablement différentes.

Cependant on peut déjà constater que l'intensité étant la même dans le rouge pour les quatre spectres, l'affaiblissement vers le violet varie avec chaque source, suivant une certaine fonction de la température, et, sans pouvoir encore tenter une mesure de celle-ci, on peut déjà les ranger

---

(1) Comptes rendus t. LXVII. p. 297

par ordre de températures croissantes :  
 4 anse modérateur, bougie stérrique,  
 gaz d'éclairage, (bec à couronne de trous)  
 dont je n'ai pas donné les tableaux moins  
 concordants, lumière Drummond, lumière  
 électrique; enfin, la lumière solaire  
 qui correspond à une température d'émission  
 bien supérieure à celle de la lumière  
 électrique, malgré l'incertitude, causée  
 par les absorptions, qu'elle a éprouvée par  
 sa transmission à travers les enveloppes  
 gazeuses du soleil et notre atmosphère.

La mesure rigoureuse des températures  
 pourra être faite par voie spectro-  
 métrique, dès que l'on connaîtra la loi  
 exacte de l'émission pour toutes les ra-  
 diations et les constantes numériques  
 pour chaque longueur d'onde.

Les résultats contenus dans cette note  
 peuvent être considérés comme un pre-  
 mier essai, tenté en vue de la solution  
 de cette importante question.

---



Société d'encouragement pour l'industrie  
nationale

Juin 1879

Bouées éclairées au gaz

Depuis quelque temps, on expérimente en Angleterre, un système de bouées côtières éclairées au gaz, dont nous résumons comme suit la description.

Le système consiste à charger les bouées de gaz, suffisamment comprimé pour qu'il puisse suffire à un éclairage d'assez longue durée. Le gaz est obtenu par le traitement des résidus et huiles de schiste ou de toutes autres matières grasses de peu de valeur, traitement qui fonctionne, avec succès depuis six ou sept ans, en Allemagne, et depuis trois en Angleterre. Un fourneau et quelques cornues de fonte suffisent pour l'opération. Le gaz qui s'échappe des cornues traverse successivement les laveurs, purificateurs et condenseurs avant de se rendre au réservoir, où il demeure emmagasiné provisoirement. Des pompes le refoulent ensuite dans des crisses spéciales jusqu'à dix atmosphères.

Les expériences, faites par ordre du département de la Marine, ont eu lieu sur



divers points des côtes d'Angleterre. Une des bouées était mouillée par le travers de Trinity Wharf, Blackwall. D'une capacité de 1680 décimètres cubes, elle a brûlé du 29 Août 1878, à 5<sup>h</sup> du soir, au 27 Septembre à 6<sup>h</sup> du soir, avec une belle lumière qui diminuait graduellement vers la fin. Pendant les expériences, on a projeté de l'eau à haute pression sur la lampe, sans pouvoir l'éteindre. Une autre expérience ayant été faite près de Dundee, l'Ingénieur du Port a déclaré que ce mode d'éclairage est appelé à remplacer les bateaux-feux qui coûtent très cher, qu'on peut construire des bouées de grandeur suffisante pour éclairer pendant six mois et que la lampe peut être placée à une hauteur telle, que la lumière soit visible à une distance de 7 à 8 milles.

Le nouveau système de bouée est en tôle de fer, capable de supporter une haute pression. Il se compose du réservoir à gaz, renfermé dans la bouée proprement dite, et de l'appareil d'éclairage qui surmonte cette bouée et qui est mise en communication par un tuyau avec le réservoir; un régulateur est interposé dans le trajet, pour permettre au gaz d'arriver à brûleur à la pression voulue. D'après les estimations, le coût de l'éclairage, par

vingt quatre heures, varie de 30 à 60 centimètres.

On a cherché à munir les bouées lumineuses d'appareils électriques, pour n'allumer les lampes que du coucher du soleil ; mais l'économie de gaz qu'on ferait n'est pas en rapport avec les dépenses et l'établissement du matériel nécessaire ; il vaut mieux laisser le feu allumé jour et nuit, car il ne semble pas qu'il puisse s'éteindre par suite de gros temps.

Les bouées que l'on construit actuellement, ont une dimension permettant une provision de gaz de quatre mois environ, et l'on se propose d'en faire de plus grandes encore.

Une autre application non moins importante de ce nouveau genre de bouées, c'est leur emploi probable dans la pose des câbles télégraphiques. Quand par les mauvais temps, on sera forcé de couper un câble pendant la pose, on y attachera une bouée lumineuse qui servira, pendant la nuit, de point de repère aux bâtiments

(Revue Maritime et Coloniale)

Notes. — Les bouées sont des corps flottants destinés à marquer à la surface de la mer le lieu où a été jetée une ancre, ou pour signaler un danger etc.

Académie des sciences

18 Août 1879

Scintillation des flammes du  
gaz d'éclairage.

Note de M. F. A. Forel.

L'étude méthodique de la scintillation des étoiles a montré que l'intensité du phénomène varie avec certains états de l'atmosphère. M. Ch. Dufour a déterminé la loi suivant laquelle la scintillation augmente avec l'épaisseur de l'air traversé par le rayon lumineux; M. Montigny a prouvé que la scintillation est d'autant plus forte que l'air est plus humide etc.

Mais, dans cette étude de la scintillation faite sur la flamme des étoiles on est en présence de bien des inconnues; on ne connaît l'état de l'atmosphère que dans les couches inférieures; la plus grande partie de l'enveloppe aérienne que traverse le rayon scintillant, échappe à notre investigation directe. J'ai cherché des conditions plus abordables à notre étude et j'en ai trouvées dans la scintillation des flammes du gaz d'éclairage, vues à un éloignement convenable, j'ai constaté qu'à la distance qui



sépare Morzes, ma demeure habituelle, de Tréouanne, la flamme du gaz des rues de cette ville scintille d'une manière fort apparente, que l'intensité de la scintillation varie grandement d'un jour à l'autre, et, depuis un an que j'en ai fait plus de deux cents observations, j'ai reconnu que cette intensité est en rapport avec certains facteurs atmosphériques.

La distance horizontale qui sépare Morzes de Tréouanne est de 10 500<sup>m</sup>, la différence d'altitude d'une centaine de mètres; à cette distance, une flamme de 0<sup>m</sup>05 sous-tend un arc de 1"; elle n'apparaît à l'œil que comme un point lumineux, et pas plus qu'une étoile elle n'a de grandeur appréciable. On admet en effet que la limite de grandeur d'un objet qui peut faire impression 5 fois sur deux bâtonnets de la rétine, et par conséquent présenter une grandeur apparente appréciable, est au moins de 30" à 60" suivant les hauteurs. Vu à cette distance, la flamme d'un bec de gaz ressemble absolument au point lumineux d'une étoile.

Une colonne d'air de 10 500<sup>m</sup> de longueur à une altitude moyenne de 400<sup>m</sup> représente en fait de masse, quelque chose de supérieur à la colonne d'air atmosphérique que traverse le rayon lumineux d'



une étoile située au zénith ; sa masse est égale, en effet, à celle d'une colonne d'eau - curé de 0<sup>m</sup> 960 de hauteur .

Les conditions générales sont donc assez semblables à celles du rayon lumineux des étoiles pour que les phénomènes de scintillation puissent être en quelque sorte comparables ; mais l'étude des conditions atmosphériques de la scintillation du gaz peut être, sous certains rapports, préférable à celle des étoiles, car nous pouvons connaître beaucoup plus complètement l'état de l'atmosphère dans toute l'épaisseur traversée par le rayon lumineux du gaz et en savoir la température, l'humidité, la transparence, l'état d'agitation etc, nous pouvons aussi, si nous voulons expérimentaler, faire varier la grandeur de la flamme, sa nature, sa couleur, son éloignement etc .

Une objection grave peut se présenter à l'esprit : la flamme du gaz est fort irrégulière, elle présente surtout lorsqu'il fait du vent, des périodes d'extinction relative qui pourraient être confondues avec la scintillation . Je reviendrai bientôt sur ce point .

Comment apprécier l'intensité de la scintillation du gaz ? La méthode d'Arago, qui l'étudiait sur les étoiles en visant avec

une lunette dont l'oculaire n'est pas exactement au foyer, peut être appliquée en employant une lunette d'un très-faible grossissement; je n'ai pas eu l'occasion d'expérimenter le scintillomètre de M. Montigny. Je me suis contenté jusqu'à présent de noter l'intensité de la scintillation en lui appliquant au juger le facteur 0 à 4, suivant que le phénomène est plus ou moins fort, suivant que la flamme est continue, ou présente des extinctions plus ou moins nombreuses, ou enfin montre des changements de couleur, des teintes violettes et rougeâtres.

En notant en même temps les conditions atmosphériques, j'espère arriver peut-être à déterminer les relations de la scintillation avec l'état de l'atmosphère. Ces relations sont assez compliquées: jusqu'à présent, je n'en ai reconnue avec sûreté qu'une seule. Elle son importance dans l'appréciation de la méthode, et je la formulerai comme suit:

La scintillation du gaz est d'autant plus forte que l'air est plus calme, elle est d'autant plus faible qu'il règne un vent plus intense.

La constatation de cette loi m'a rassuré sur le danger dont j'ai parlé, et confondre avec la scintillation les extinctions partielles de la flamme du gaz. En effet,

il est facile de reconnaître que ces extinctions sont d'autant plus importantes que l'air est plus agité; comme la scintillation suit une loi inverse les deux phénomènes ne sauraient se confondre. Et, dans le fait, avec un peu d'habitude, je suis arrivé à fort bien les distinguer dans quelques occasions où un vent tempétueux étouffait par moment l'éclat du gaz de Hausmann; il y avait là quelque chose de fort différent de la scintillation.

Quant aux autres actions atmosphériques, température, humidité, transparence, éclairage de l'air par la lumière de la lune, je ne veux pas encore me hasarder à en indiquer l'effet; leurs actions sont trop compliquées pour qu'il ne faille pas une étude prolongée pour les reconnaître et les démenteler. Mais comme cette étude est fort difficile et fort sujette à des erreurs individuelles d'observation, je me permets, en indiquant aujourd'hui la méthode de sollicitation et la critique de tout naturaliste placé dans des conditions convenables pour ce genre de recherches.

---



## Photomètre à relief

M. Core, alors Directeur de l'usine à gaz de Reims, a fait, le 27 Février 1879, devant les membres de l'Académie de cette ville, une conférence qui nous indique les moyens qu'il a employés pour mesurer des sources lumineuses intenses, en combinant des dispositions très ingénieuses pour y parvenir aussi exactement que possible; voici le fragment de la communication qui se rattache à la photométrie par les moyens indiqués par M. Villarcieu, dont j'ai parlé précédemment :

« Si l'on projette les rayons de deux lumières distinctes sur les deux faces d'un prisme rectangulaire, l'arête verticale de ce prisme disparaît à la vue dès que les intensités de lumières sont égales. »

« Ce nouveau principe de photomètre basé sur la sensation du relief, ou plutôt sur la cessation de cette sensation, est dû à M. G. Villarcieu et se trouve décrit dans le Comptes rendus de l'Académie des sciences de 1871. »

« Comme vous pouvez en juger, Messieurs, la partie inoccupée de notre nouvelle Halle des Fours présente, par son étendue, un champ très favorable à l'installation d'un



photomètre de vastes dimensions . . .

« J'ai pu faire adosser à la muraille, au milieu de la longueur de la salle, un prisme de 5 mètres de hauteur, ayant pour base un triangle rectangle dont les deux côtés de l'angle droit ont chacun  $2^m50$  . »

« Deux chariots mobiles sont disposés sur des rails perpendiculaires aux faces du prisme . Une règle divisée placée entre les deux rails de chaque chariot permet de lire les distances parcourues par les appareils supportant les lumières à comparer . »

« La lunette d'observation ajustée à travers la muraille opposée vise l'arête du prisme au milieu de sa hauteur et correspond à l'altitude de chacune des lumières essayées . L'opérateur installé de cette façon en dehors de la salle est soustrait à l'influence des rayons lumineux . »

« L'une des lumières restant fixe, si l'on éloigne ou si l'on rapproche l'autre jusqu'à ce que la sensation du relief disparaisse, et que l'œil, à travers la lunette, ne perçoive plus qu'un disque plat, chaque face est alors également éclairée, et les pouvoirs éclairants se déduisent par la loi du carré des distances . »

*Évaluation du bec Suzy à trois couronnes  
en Lampes Carcel.*

l'article 8 de notre cahier des charges  
prescrit :

« ... Que le pouvoir éclairant du gaz  
« devra être tel, que l'éclat d'une Lampe  
« Carcel brûlant 42 grammes, à l'heure, d'  
« huile de colza épurée, puisse être obtenu  
« avec une consommation de 105 litres de  
« gaz, au moyen d'un bec Bengel, tel qu'il  
« est décrit dans l'instruction annexée à  
« l'article 12 du traité supplémentaire de  
« la ville de Paris (25 Janvier 1861). »

J'ai dû admettre, pour simplifier les  
calculs, qu'au moment des essais, le gaz  
avait le titre réglementaire ; du reste,  
agissant dans les comparaisons photométré-  
ques avec le même gaz, les résultats é-  
taient identiques, quel que fût le titre, pour-  
vu, bien entendu, que le bec Bengel fût  
réglé exactement pour une dépense de 105  
litres.

J'avais à ma disposition 3 séries de  
bees Suzy, depuis une jusqu'à trois cou-  
ronnes. Cette graduation m'a permis de  
convertir successivement chacun de ces  
bees en bec type ; c'est ainsi que le premier,  
réglé à une hauteur de flamme de 0"095  
et une dépense de 180 litres, comparé au

bec Bengel, et une dépense constante de 105 litres, m'a donné, au photomètre Foucault, la valeur de 2,89 lampes Carcel.

Agissant encore avec ce photomètre à lumière directe et à petite dimension, j'ai pu évaluer le bec Suzy à deux couronnes réglé à une hauteur de 0<sup>m</sup> 095 et une dépense de 480 litres, comparativement au précédent, ce qui m'a donné un rapport de 2.28.

Ramenant ce bec à 2 couronnes au type Bengel de 105 litres, ou à la lampe Carcel, on trouve qu'il vaut 6,58 lampes Carcel.

L'éclat de la lumière produite par ces deux becs Suzy étant assez fort pour être apprécié au grand photomètre à relief, j'ai reproduit sur ce dernier les mêmes expériences et ai acquis la certitude que ces chiffres de base étaient exacts.

A son tour, le bec à deux couronnes de mon site le bec type à comparer au bec à trois couronnes.

Dès ce moment, les essais s'effectuent à l'aide du photomètre à relief et donnent les résultats suivants :

Valeur du bec Suzy à 3 couronnes réglé à une hauteur de flamme de 95 millimètres et une dépense de 1020 litres à l'heure par rapport au bec à 2 couronnes 2.93.



Valeur du bec Sugg 5 3 couronnes ramenée au type Bengel de 105 litres ou à la lampe Carcel : 19.34 lampes Carcel.

Évaluation de la lumière électrique en lampes Carcel à l'aide du bec Sugg 5 3 couronnes.

Ne pouvant avoir à ma disposition des bougies JablochKott, j'ai dû agir avec un régulateur genre Serrin.

Afin de me rendre compte de la perte d'intensité de la lumière électrique par l'interposition de une, deux ou trois lampes Reynier, de Wedermann français, je me suis procuré trois de ces appareils.

Les essais comparatifs du gaz et de l'électricité eurent donc pour objet de déterminer l'équivalent en lampes Carcel :

1° De la lumière produite par l'arc voltaïque nu.

2° Par celle de l'arc voltaïque voilé d'un verre opalin.

3° De la diminution successive d'intensité de lumière résultant de la prise sur le courant alimentant le régulateur de un, deux et trois courants de dérivation pour éteindre les lampes Reynier.

Les résultats de ces expériences sont les suivants :



Valeur de l'arc voltaïque nul 190 lampes l'arc et  
 Perte par interposition d'un

verre opalin . . . . . 92 d. soit 31,72 %

Perte par interposition d'une  
 lampe Reygnier . . . . . 132 d. soit 45,51 %

Perte par interposition de  
 deux lampes Reygnier . . 203 d. soit 70,00 %

Perte par interposition de  
 trois lampes Reygnier . . 253 d. soit 87,24 %

Donc, avec l'interposition de quatre  
 lampes, il ne serait plus resté de lumière,  
 et l'arc voltaïque aurait disparu dans  
 le régulateur ! . . .

Les matériaux bruts servant  
 à la production du gaz carbone.

(Extrait du manuel de l'éclairage par le  
 gaz d'huiles minérales.)

Par F. n. Hüchler & Weissenfels  
 en Thuringe - 1879 -

« On peut transformer en gaz toutes les  
 matières contenant de la graisse ou de l'  
 huile. Si tant est que des matières animales  
 ou végétales sont peu propres à la fabrication  
 du gaz, leur emploi se défend encore par  
 des raisons d'économie. C'est pourquoi  
 on ne s'en sert que dans des conditions don-  
 nées, savoir quand on les obtient en résu-  
 -lus sans valeur, comme par exemple les

eaux saponneuses et celles des fontaines dans  
 les fabriques à fil de chaîne long brin et à  
 drap (suint). Si on produit principalement  
 du gaz rien que des bitumes liquides ou  
 des huiles minérales, savoir du pétrole  
 du naphte, des huiles de goudron et  
 houille, des huiles schisteuses etc. Il n'y  
 a presque pas de pays où ces produits n'  
 existent pas. Tous les bitumes liquides  
 ressemblent aux huiles minérales tirées du  
 goudron, et se composent comme elles prin-  
 cipalement de gaz hydrogènes liquides. Les  
 bitumes liquides abondent surtout dans l'  
 Amérique du Nord, s'étendant sur plus  
 de 10 degrés de latitude. Le Canada la  
 Californie et l'Amérique du Sud : le Pérou,  
 la République Argentine, la Bolivie et  
 l'île de la Trinité fournissent également  
 des bitumes liquides. En Asie, Raguin  
 sur l'Iravadty produit à elle seule 3  
 millions de quintaux par an. La Chine abon-  
 de aussi en bitumes liquides; en Mésopota-  
 mie il n'en manque pas et les sources de  
 bitume liquide au Caucase et sur la côte  
 orientale de la mer Caspienne en sont ex-  
 trêmement productives. Les puits de  
 la presqu'île d'Apcheron à eux seuls four-  
 nissent 6 millions de piéts par an. Le bitume  
 liquide qui se trouve fréquemment en Afrique  
 n'a pas encore pu se faire valoir à côté de

celui d'Amérique. En Galicie la zone des bitumes liquides court le long des montagnes dans une étendue de 2 à 3 milles; c'est là que rien que des mines de Boristaw on tire 100 000 quintaux de bitume liquide et 45 000 quintaux de bitume (orokérite) par an. De même la Rosemanie a de considérables sources de bitumes liquides et en Italie les mines de San Giovanni Incarico en produisent seules 65 à 70 000 quintaux. Le Hanovre, le Buensie, la Bavière l'Angleterre et l'Ecosse, la France, l'Espagne, la Grèce, la Suisse ne manquent non plus de bitumes liquides. En 1872 la production en bitumes liquides de l'Amérique Septentrionale se montait à 7, 394, 000 barriques, beaucoup plus de 20 millions de quintaux, dont un million de quintaux furent exportés comme pétrole brut et 500 000 quintaux comme naphtha et comme résidus de distillation. Ce sont des chiffres accablants, et malgré tout cela on n'est pas encore en état de tarer aujourd'hui la richesse en bitume liquide pas même approximativement. Ajoutons que beaucoup de bitumes liquides ne se prêtent pas à l'illumination de lampes, mais ne pouvant se réaliser que pour la production du gaz, comme celle d'Italie, on aura des sources de bitumes



liquides déjà des masses si énormes de matériel brut pour la production du gaz que sous tous les rapports on n'aura aucun manque à craindre, quand même l'éclairage par le gaz et l'huile atteindrait la plus grande étendue possible. L'éclairage par le gaz et l'huile ne couvre ses besoins jusqu'à présent que pour la plus petite partie de cette richesse en bitume liquide; c'est ce que font plus que suffisamment les huiles minérales, soit les produits accessoires gagnés à part la production. De tels produits accessoires sont gagnés en grande quantité en Ecosse, en Angleterre, en France, en Allemagne etc. En 1876, par exemple, la production en huiles minérales se montait à près de 450,000 quintaux au Canton de Morsebourg, dont bien au delà de 100,000 en huiles qui ne se prêtent avantageusement qu'à la production de gaz; rien qu'une fabrique en Ecosse produit une quantité d'huile presque égale pour la production du gaz. Or, la quantité annuelle nécessaire pour un bec de gaz d'huile normal se monte seulement à 30 - 35 kg; il serait donc possible d'alimenter environ 1 1/2 millions de becs de gaz avec 1 million de quintaux d'huile. Toutes les fabriques à gaz en Allemagne et dans l'Autriche allemande ne possédaient cepen-



-dant, en 1868, que 2, 166, 000 boes parti-  
-culiers et 129 000 boes publics. De là on  
peut conclure avec facilité que dans les  
deux pays en question on n'emploiera  $\frac{1}{2}$   
million de quintaux d'huile que lorsqu'envi-  
-ron un tiers de boes seraient alimentés par  
le gaz d'huile. Or, la production annuelle  
de bitumes liquides et d'huiles minérales  
augmente plus rapidement que la consom-  
-mation du matériel pour le gaz. Les appa-  
-reils à gaz n'absorbent pas encore au-  
-jourd'hui 3% en tout de la production gé-  
-nérale en bitumes liquides et en huiles  
minérales. Les huiles minérales se prêtent  
à la distillation d'un grand nombre de  
houilles et de tous les charbons schisteux  
de boghead et d'autres charbons, à part la  
production toujours croissante d'huiles  
tirées des ardoises bitumineuses d'Alle-  
-magne, de France, d'Italie etc. Il est  
vrai que toutes les houilles ne sont pas de  
nature assez bitumineuses, ne contiennent  
pas assez de pyropiosité, pour être mises  
en œuvre vu l'état actuel de la technique  
en huiles minérales, avec autant de profit  
que par exemple le fumeron de Saxe et de  
Thuringe. Cependant la technique s'aper-  
-fectionnera aussi à cet égard et l'on ap-  
-prochera, quand la nécessité deviendra  
urgente, à brûler avec profit du charbon

moins riche en bitume. La houille se trouve dans tous les pays dans une étendue qu'on n'a pas encore mesurée, le plus abondamment en Allemagne et en Pologne ; on évalue l'étendue de ce bassin à 4 - 5000 milles-carrés des collines et des montagnes de l'Allemagne centrale et orientale jusqu'à la mer du Nord et la mer Baltique ; et la contrée entre le Niemen et la Duna à 4 - 5000 milles carrés. Dans la Marche et la Hussache ce sont milles carrés ; le bassin de la Saale et de la Thuringe y est contigu. Des couches étendues se trouvent en Bohême, dans la Hesse supérieure et inférieure, au Rhin, au Westphalie, au Bas Rhin ; du Siebengelewig jusqu'à Aix la Chapelle et Dusseldorf. En Moravie, dans la Silésie supérieure et en Hongrie il y a également de la houille ; le bassin ce pays s'étend jusqu'à la Carinthie et la Styrie ; l'Autriche supérieure, la France méridionale, l'Italie, l'Algérie, l'Amérique du Nord, le Japon, les îles de l'Archipel indien possèdent de la houille ; de cette manière elle couvre toute la terre. La crainte que les huiles à production du gaz devinssent des objets de spéculation ne s'est pas réalisée ; le prix de ces huiles n'a pas haussé avec la demande ; elles sont devenues meilleur marché tout au

contraire, et l'on y pourrait faire l'observation que une fois demandées, les offres se présentaient en abondance. Vult cir-  
-constance que pour la plupart tous les pays produisent des bitumes liquides et des huiles minérales au delà de leurs be-  
-soins par leurs moyens propres et qu'ils sont obligés de lancer le surplus de pro-  
-duction en partie à des marchés étrangers, les huiles s'gaz n'auront jamais un prix qui ne soit naturel et plus haut que d'<sup>2</sup>  
autres matières s'éclairage. En 1877  
par exemple où les huiles s'gaz de  
Saxe et de Thuringe avaient un prix  
très haut, on pouvait dans l'Allemagne  
centrale mettre en œuvre des gaz d'<sup>2</sup>  
Bourse à un prix également modéré.

### Les substances du gaz d'huile.

(Extrait du même ouvrage)

Le gaz d'huile est sans couleur; son  
poids spécifique flotte selon la quantité  
du matériel brut et la température sous  
laquelle on le produit; rarement il monte  
au delà de 0.800.

Le gaz d'huile contient en substances  
d'éclairage l'éthyle, et l'homologue; en



substances non éclairantes ou mal éclairantes : du gaz des marais, de l'hydrogène et de l'oxide carboné ; en substances salissantes : de l'acide carbonique, de l'hydrogène sulfuré, de l'oxygène et de l'azote.

Le gaz d'huile demande pour l'embrasement une chaleur blanche au feu. Sa capacité d'explosion commence à un volume de gaz sur 11 à 18 volumes d'air ; elle cesse à 6 parties d'air sur une partie de gaz. Dès  $\frac{1}{10000}$  de partie de volume de gaz dans les chambres etc se fait sentir par son odeur pénétrante provenant d'une quantité d'huile de sènevé de phényle ; rien que 3% de cette huile mêlés à l'air de la chambre sont déjà, à ce qu'on dit, en état de tuer un homme y respirant pendant quelque temps.

L'examen du gaz d'huile par rapport à sa composition, sa quantité et sa qualité ne pourra être opéré avec succès que par des chimistes très-expérimentés. La recherche, au contraire, de quelques gaz salissants dans le gaz d'huile se fera exécuter avec facilité. L'existence d'hydrogènes sulfurés, par exemple, qui par le manque de suffisance ou à cause de sa fausse purification, sont très fréquents au gaz d'huile et qui, non brûlés ou brûlés à des acides sulfurés, ont une



influence nuisible sur les couleurs, les métaux et la santé même, pourra être démontrée par du papier de sucre de Saturne. Un morceau d'un papier pareil humecté, exposé au courant du gaz se noircit plus ou moins par un gaz renfermant de l'hydrogène sulfuré. Dans de l'eau de chaux claire des gaz contenant de l'acide carbonique produisent un précipité blanc.

Pour juger de la force d'éclairage du gaz d'huile on se sert du poids spécifique et, à tout prendre, les gaz lourds ont une plus haute valeur d'éclairage. La force d'éclairage dépend avant tout de la quantité d'hydrogènes carbonés lourds, mais aussi de l'existence de gaz non éclairants ou mal éclairants, qui exercent une influence essentielle sur la combustion. Car l'on suppose que l'éclairage se fait par la décomposition des hydrogènes carbonés, à une haute température, où les carbures dans un feu de chaudière se séparent d'après leurs plus fins stômes. Maintenant l'hydrogène, gaz non éclairant brûle sous des degrés de chaleur extrêmement hauts.

De même un conduit d'air convenable à la combustion est d'une grande importance pour la production de l'éclairage;

c'est justement ce conduit qui est d'une influence considérable sur un gaz d'huile riche en carbone. Quand on brûle le gaz d'huile dans des lampes à bœcs d'Argand avec un conduit d'air insuffisant, il se dévelope de la suie entro mêlée d'hydrogènes carbonés à demi brûlés; quand il y a un surcroit d'air, les carbonés au contraire ne peuvent se séparer du tout. Un tel air superflu se conserve sous une pression de gaz trop haute; c'est pourquoi il faut bien faire attention à l'appareil des bœcs, aux quels nous reviendrons à l'occasion de l'explication des bœcs à gaz d'huile . .

---

### Influence de l'altitude sur le pouvoir éclairant du gaz

---

Société d'encouragement  
Avril 1882

---

M. Bremond donne le résumé de ses recherches concernant l'influence de l'altitude sur le pouvoir éclairant du gaz dans la loi générale suivante: par suite de la raréfaction de l'air, le gaz

perd au moins un litre de pouvoir éclairant par 50 mètres d'altitude. Il donne les détails d'une expérience faite sur le chemin de fer du nord de l'Espagne, dans laquelle les observations ont eu lieu à différentes altitudes entre Madrid (altitude : 395 mètres au dessus du niveau de la mer) et La Carrada (1375 mètres). Le tableau suivant, dans lequel Paris est pris comme terme de comparaison, donne une idée générale de l'effet produit par l'altitude sur le pouvoir éclairant du gaz.

Localités	Altitude	Pression barométrique	Pouvoir éclairant
	mètres	mètres	
Paris . . . . .	0	0.754	105
Vienne . . . . .	68	0.747	103
Moscou . . . . .	255	0.732	99
Madrid . . . . .	573	0.706	87
Mexico . . . . .	2212	0.572	30

En 1882, M. Frédéric Siemens étudia la construction d'un bec réunissant les conditions les plus économiques et les plus favorables pour augmenter la production de la lumière du gaz, en récupérant la chaleur des produits de sa combustion, pour obtenir ainsi un pouvoir éclairant relativement considérable avec une dépense moindre de gaz par rapport au fonctionnement des foyers



(environ 38 à 50 litres par l'arc et suivant leur puissance). Dans cet appareil l'application du principe de l'échauffement préalable de l'air on est bien faite, et le foyer est soigneusement combiné pour obtenir les résultats tentés depuis longtemps; il est certainement de nature à appeler l'attention des hommes qui étudient les perfectionnements à apporter à l'éclairage au gaz, seulement l'appareil actuel pêche par sa forme, peu gracieuse, qui ne se prête nullement à la décoration. Les résultats obtenus avec le dispositif combiné par M. Siemens ont été concluants en faveur des recherches et des travaux auxquels s'est livré l'inventeur qui a obtenu, de la Société d'encouragement, une médaille d'or, suivant le rapport ci-après.

### Bulletin de la Société d'encouragement

Séance générale du 22 Décembre 1882.

Four de gaz intensifs à air chaud par M. Frédéric Siemens (de Dresde).

M. Frédéric Siemens est déjà bien connu par ses fours à chaleur régénérée, qui ont opéré une sorte de révolution dans le chauffage des fours employés dans diverses industries. Le four intensif à gaz, dont il est l'inventeur,



est fondé sur le même principe de la récupération de la chaleur de combustion du gaz <sup>(1)</sup>. L'appareil se compose essentiellement d'un brûleur proprement dit et d'un régénérateur, dans lequel l'air s'échauffe au contact des parois de la chambre, où circule une partie des produits de la combustion; l'appareil possède en outre, une cheminée et s'appel-

Le régénérateur en fonte ou en bronze, est au dessous de la flamme et la cheminée surmonte le brûleur. Ces deux intensités ont un rendement beaucoup plus élevé que les deux intensités des autres systèmes.

Il s'est formé, à Paris, une Société pour

---

(1) Il est juste de rappeler qu'il y a environ vingt six ans, un ingénieur constructeur français distingué M. Chaussonot aîné, avait réalisé, en vertu du même principe un accroissement très marqué de pouvoir éclairant de la flamme d'un bec d'Argand brûlant du gaz de l'éclairage. A cet effet il stimulait la combustion par de l'air échauffé au moyen d'un dispositif résultant de l'emploi de deux cheminées concentriques en cristal.

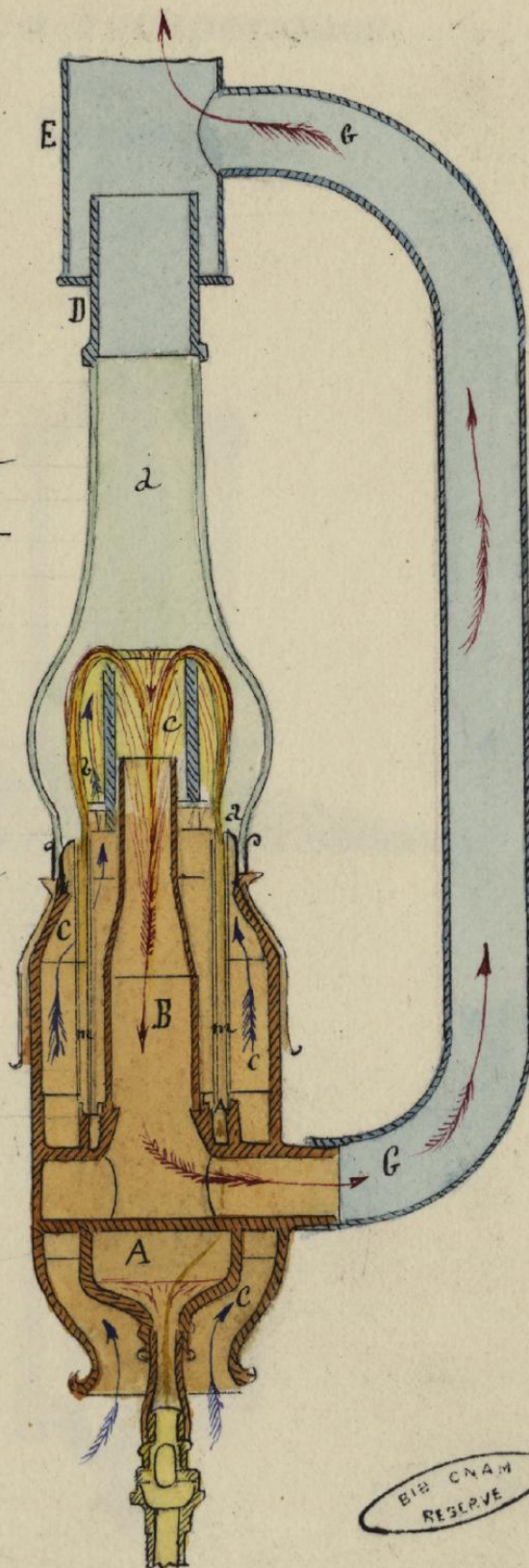
(Bulletin de la Société d'encouragement  
année 1837.

---

*Légende*

Chambre d'arrivée de gaz  
Cheminée centrale intérieure  
Chambre d'air  
Cheminée télescopique cou-  
vre-verse  
Cheminée verticale  
Cheminée latérale  
ou d'appel

Peigne diviseur inférieur  
" " supérieur  
cylindre en porcelaine  
Terre  
Tubes formant brûleurs



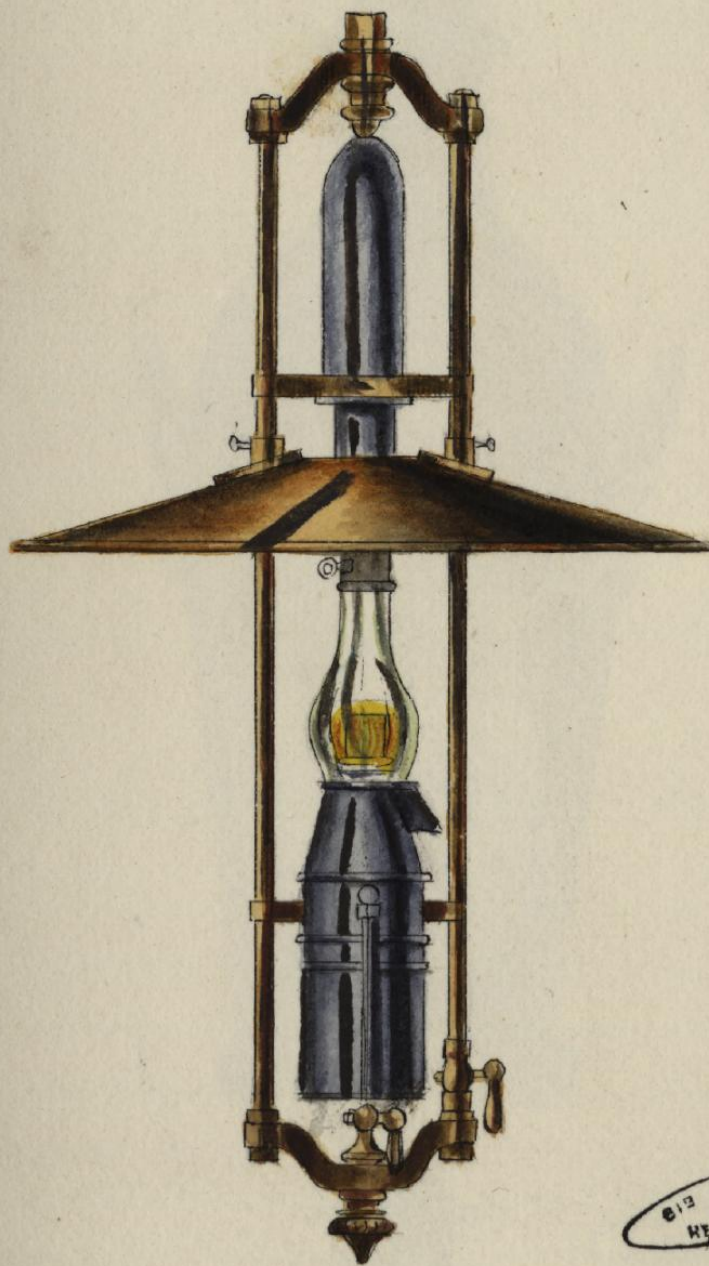
*Elevation*





PL. 80

Lampe à récupérateur  
Siemens



©19 Cnam  
RESERVE





PL. 81

Lanterne a recuperateur

Siemens



BIG CNAM  
RESERVE





La construction des becs Siemens, auxquels ont été apportées quelques modifications favorables à l'effet, lorsqu'il ne s'agit pas d'éclairer seulement des ateliers. On voit actuellement des becs Siemens, au Chemin de fer de l'Est, dans les diverses expositions de Panoramas et chez plusieurs industriels à Paris.

Il apparaît Siemens primitif, bien que très favorable comme rendement de lumière, mais manquant d'élégance, n'avait pas obtenu de succès et après un spécimen établi primitivement place du Carrousel; la Compagnie Parisienne du gaz frappée de cet inconvénient a étudié, de son côté, les modifications qui permettent d'obtenir des formes et des dimensions de lanternes plus acceptables. La cheminée d'appel a été diminuée de manière à être dissimulée dans le chapiteau de la lanterne, la conduite latérale a été aussi diminuée et divisée en deux; l'air est pris à la base des candélabres, de manière à atténuer les effets des vents les plus forts. Ces lanternes sont en service sur les refuges de la place du Palais Royal, depuis le mois d'Août dernier, et l'on peut juger de leur aspect satisfaisant. La consommation du gaz est, il est vrai un peu plus élevée que celle des brûleurs Siemens primitifs, mais elle est encore bien inférieure à celles des autres



bees intenses. Avec une consommation bo-  
-rsire de 1600 litres de gaz, les lanternes  
précitées donnent une lumière remarquable-  
-ment fixe de 30 carcelles (30 c<sup>l</sup>).  
—

La Société décerne à M. Frédéric Siemens  
une médaille d'or.

### Bec Schullke

Un autre bec à récupérateur de chaleur,  
imaginé par M. Jules Schullke a fonctionné  
après, à titre d'essai, sur la voie publique  
pour éclairer un des boulevards extérieurs  
de Paris.

Voici à cet égard un extrait de la com-  
-munication faite sur cet appareil à la Société  
technique de l'industrie du gaz en France  
par M. Servier, Ingénieur :

« Le bec dont j'ai à vous parler, est un  
bec à récupérateur de chaleur présentant,  
comme principe, une grande analogie  
avec celui de Siemens, mais donnant des  
résultats bien supérieurs et que je n'ai pas  
encore vu atteindre avec l'emploi du gaz  
seul. N'ayant eu entre les mains qu'un seul  
de ces appareils, je ne puis affirmer que les  
résultats obtenus avec lui, mais comme ils  
concordent avec ceux annoncés par l'inventeur,  
il y a lieu de croire que les chiffres qu'il in-  
-dique pour les autres types sont aussi exacts,

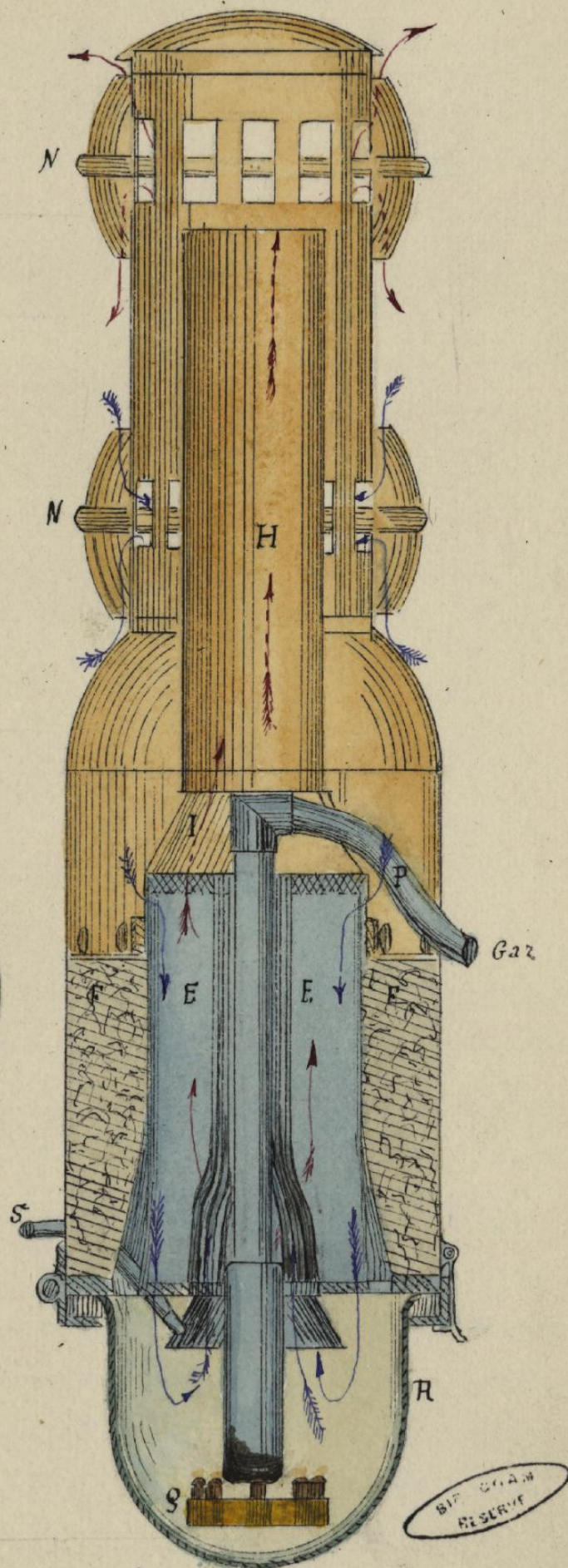
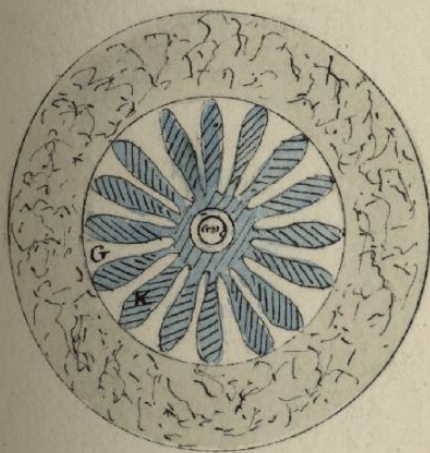
PL. 82



Bec à recuperateur

Schulke

Élévation

Plan



 Air  
 Produits de combustion

BIP Cnam  
RESERVE





et ils sont vraiment remarquables. Le bec que j'ai essayé est sous vos yeux; la consommation normale est de 300 litres, et il donne une intensité de lumière de 9.60 carcel, ce qui fait seulement 31 litres par carcel.

Voici les chiffres annoncés par l'inventeur :

N <sup>o</sup>	Consommation	Pouvoir éclairant	nombre de litres par carcel
1	150	3.60	41
2	200	5.20	38
3	300	9.60	31
4	500	14.60	34
5	750	22.90	32
6	1,000	32. "	31
7	1,500	50. "	30
8	2,000	72. "	27
9	3,000	112. "	26
10	4,000	150. "	26

Ces résultats sont évidemment dus à la surface de chauffe considérable obtenue par M. Schultke au moyen de la disposition qu'il a adoptée, et comme la masse du récupérateur est relativement faible, le bec prend son allure très rapidement. Ce récupérateur est également entouré d'une enveloppe non conductrice d'amiante qui le protège contre le rayonnement extérieur. Vous pouvez voir combien la flamme est tranquille et brillante.

Un point important sur lequel il y aura lieu d'être fixé, et l'expérience seule pourra l'éclairer, est la durée du récupérateur,



qui est d'ailleurs en tôle platinée.

D'un autre côté, l'appareil étant formé de boes ordinaires, papillon ou manchester, il en résulte que, si le globe de verre, qui forme clôture intérieure venait à se briser, il n'en résulterait d'autre inconvénient dans le fonctionnement que l'absence de récupération, c'est à dire que les boes fonctionneraient comme des boes ordinaires.

La description du boe Schulke faite par M. Servier se résume ainsi :

« La partie nouvelle et particulièrement intéressante de l'appareil est le récupérateur qui est disposé de façon à communiquer à l'air d'alimentation une portion très-considérable de la chaleur emportée par les produits de combustion. Il se compose d'une tôle platinée, plissée de manière à former un tube d'environ 25 centimètres de longueur, dont la section transversale affecte la forme d'une étoile à branches arrondies. Ce tube est placé au centre d'une enveloppe circulaire, formée d'un corps mauvais conducteur de la chaleur. L'ensemble ainsi formé constitue autant de carneaux verticaux, destinés au passage de l'air, qu'il y a de vides entre les branches de l'étoile. »

« C'est par ces carneaux que l'air aspiré par le tirage de la cheminée H arrive au foyer tandis que les produits de combustion

montent verticalement par les carnaux intérieurs  $R$ , lâchent les parois du tube plissé métallique qu'ils portent au rouge et se réunissent ensuite à la cheminée  $H$ .

« On voit que par cette disposition l'air descendant par les carnaux, suit un chemin inverse de celui des produits de combustion, et qu'étant en contact avec les parois minces du tube métallique il s'échauffe fortement : 1° parce que la forme sinueuse du tube réalise sous un très petit volume une surface de chauffe considérable ; 2° parce que la transmission à travers une paroi mince et métallique est très-rapide ; 3° Enfin, parce que chacun des éléments gazeux, air et produits de combustion font échange de température, sous forme de lames minces. »

« L'air entre par des ouvertures  $M$  protégées des courants d'air par une couronne pleine circulaire  $N$  ; les produits de combustion s'échappent dans l'atmosphère par des ouvertures semblables protégées de la même manière. »

« La section des ouvertures  $M$  est rigoureusement égale pour tous et cette disposition a pour effet d'empêcher toute fluctuation dans la flamme, même par les plus grands vents »

« Le gaz amené par un tuyau  $P$  vient alimenter une couronne  $Q$  de 6 brûleurs

à toute, disposés de façon à éviter la conjugaison des flammes, et à permettre au contraire la circulation de l'air chaud et du gaz en filets ascendants parallèles. La fermeture inférieure est opérée au moyen d'une coupe en verre B fixée dans une monture à charnière. Une veilleuse s sert à opérer l'allumage sans nécessiter l'ouverture de la coupe, ni de la lanterne qui l'enveloppe, dans le cas d'un bec de ville.

« Dans presque tous les appareils à récupération, l'allumage présente des difficultés provenant de ce que la flamme, avant que le tirage ne soit établi, est étouffée par la chute des produits de combustion, refroidis précisément par les parois du récupérateur. »

« L'inventeur, pour remédier à cet inconvénient, a eu l'heureuse idée de ménager, au milieu du tube plissé, une cheminée centrale T qui, vers le bas, s'élargit et se transforme en une véritable chambre de combustion U. »

## Académie des sciences

11 Février 1884

Sur un bec donnant la lumière blanche  
par l'incandescence de la magnésie.

Note de M. Ch. Clamond

présentée par M. Edm. Becquerel

L'intensité de la lumière émise par un corps radiant, croissant beaucoup plus vite que sa température, comme l'ont établi les expériences de M. Edm. Becquerel, je me suis proposé de réaliser sur ce principe un brûleur économique donnant la lumière blanche et dans lequel l'air comburant est porté au préalable à une température d'environ  $1000^{\circ}\text{C}$ . J'ai dû, en outre, préparer des fils de magnésie tressés en corbeille, disposition nécessaire pour pouvoir colliger la chaleur des différents points de la flamme dont le volume est d'autant plus grand que l'air comburant est plus chaud et plus dilaté. Dans le premier brûleur que j'avais réalisé, j'étais obligé d'user d'une canalisation spéciale pour lui amener l'air sous une charge de quelques centimètres d'eau. Mais dans le nouveau système, l'appel d'air se fait simplement au moyen d'une cheminée de verre et l'appareil peut se visser à la place de n'importe quel bec



de gaz ordinaire.

Il se compose de trois parties distinctes. La première consiste en une colonne centrale en matière réfractaire, percée de conduites disposées pour alimenter de gaz le foyer inférieur destiné au chauffage de l'air et le foyer supérieur destiné à l'incandescence de la magnésie.

La deuxième partie, qui enveloppe la première consiste en deux cylindres concentriques réunis et solidarisés par des entretoises creuses, mettant en communication l'intérieur du plus petit cylindre avec l'extérieur du plus grand.

La troisième partie renferme les deux autres. C'est une enveloppe en porcelaine percée de trous convenablement disposés.

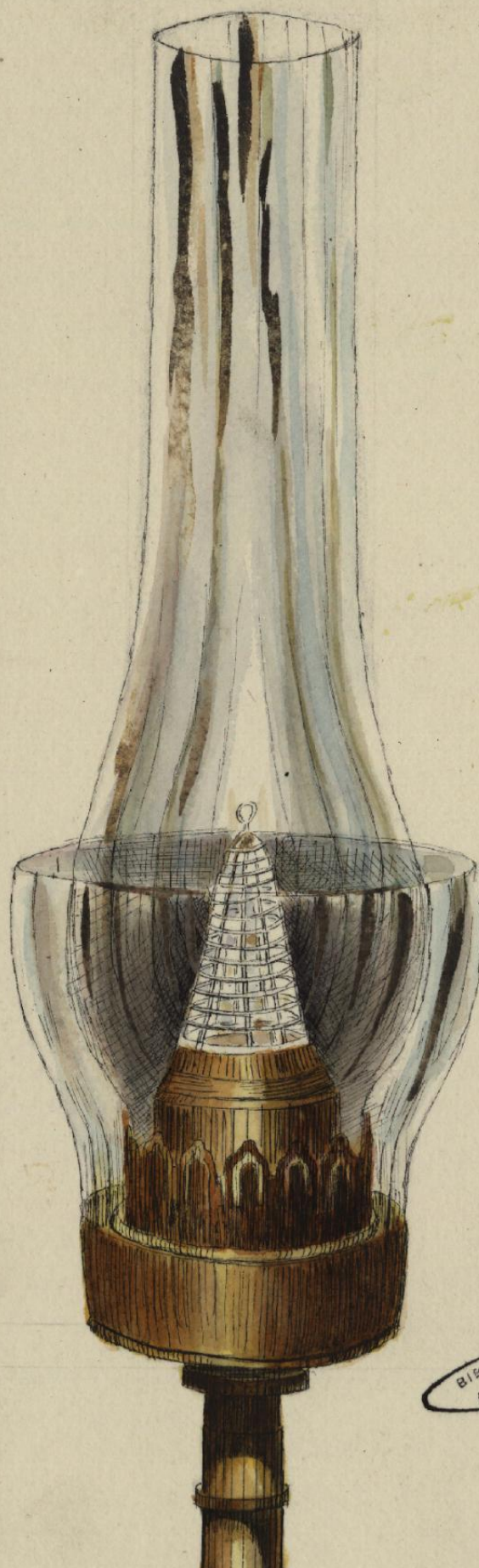
La combustion du premier foyer a lieu dans l'espace annulaire compris entre les deux premières parties. Ses produits sont évacués excentriquement par les entretoises creuses. Elle a pour effet de chauffer au rouge le tube intérieur de la 2<sup>e</sup> partie.

L'air qui pénètre par les trous de l'enveloppe frappe ce tube incandescent, s'échauffe fortement à son contact et s'élève vers le foyer supérieur où les jets de gaz sont disposés de manière à donner de petites flammes indépendantes, enve-

Bec à incandescence

PL. 83

Clamond



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires





l'appées chacune par le courant d'air chaud et effectuant leur combustion complète dans l'intérieur de la corbeille de magnésie.

Pour fabriquer cette corbeille, je prépare une pâte plastique de magnésie, en malaxant avec une dissolution d'acétate de magnésie, de consistance sirupeuse, cette substance cuite à une température élevée et finement pulvérisée. J'introduis cette pâte dans un cylindre d'ouï, sous la pression d'un cylindre compresseur, elle s'écoule par une filière en un fil flexible et résistant, analogue aux fils de vermicelle. Ce fil est enroulé mécaniquement sur un mandrin conique, suivant deux plans à angle droit, les différentes spires superposées se soudant entre elles à leur point de contact.

Les corbeilles, une fois fabriquées, sont séchées et cuites ensuite à une température élevée, la décomposition de l'acétate de magnésie laisse un résidu de magnésie solide qui agglomère la poudre de magnésie incorporée.

Comme dans tous les autres systèmes, le rendement en lumière de brûleur varie suivant la puissance du foyer. Le brûleur est d'autant plus économique qu'il est plus puissant.



Toutefois son rendement lumineux est bien supérieur, pour des consommations identiques à celui des becs de gaz ordinaires. Avec une dépense de 180 litres de gaz à l'heure, il donne quatre Carcets, ce qui porte sa consommation par Carcet et par heure à 45 litres de gaz.

La durée des corbeilles de magnésie dépend de la grosseur du fil. Elle est au moins de douze à quinze heures.

---

### The Gas Institute

Expériences photométriques avec des gaz carburés de différentes qualités, et emploi de ces gaz comme étalon pour déterminer le pouvoir éclairant du gaz de houille.<sup>(1)</sup>

Par John Mellin (Londres)

---

On a publié à diverses reprises des expériences dénotant l'augmentation de pouvoir éclairant obtenue en mettant le gaz de houille en contact avec la vapeur de différents hydrocarbures, et donnant le coût de la lumière ainsi obtenue comparativement à la quantité nécessaire de matière absorbée.

Malgré mes recherches, je n'ai pu arriver

---

(1) Extrait du Journal des usines à gaz du 5 Janvier 1883.

à découvrir rien qui m'offrit l'occasion de comparer les résultats de quelques expériences que j'ai faites récemment sur le pouvoir que possèdent différents gaz d'absorber la vapeur d'essence légère de pétrole, lorsqu'ils sont mis en contact intime avec cet hydrogène excessivement volatil.

On sait généralement que le pouvoir du gaz de houille d'absorber les vapeurs hydrocarbonées, dépend de la durée du contact, de la nature volatile de la matière employée et aussi de la température à laquelle le contact a lieu. Mes expériences, cependant, ont prouvé — ce qui n'est pas généralement connu — que la quantité de matière productrice de lumière, que contiennent originellement le gaz, constitue aussi un facteur très important dans la question.

J'ai employé dans ces expériences la matière que l'on connaît communément sous le nom de gazoline. C'est un pétrole d'un poids spécifique très léger, fabriqué par M<sup>r</sup> Charles Pratt et C<sup>os</sup> New-York. Possédant un point d'ébullition très bas, il abandonne ses vapeurs à des températures ordinaires, et du gaz passant à sa surface à 50° Fahr (10° C) l'évapore complètement.

Les limites dans lesquelles le pouvoir éclairant d'un gaz, mis en contact avec la vapeur de cette matière, peut être augmenté sont très étendues. A une température de  $50^{\circ}$  Fabr ( $10^{\circ}$  C), j'ai sans difficulté converti un gaz de qualité très faible en un gaz de 80 bougies, et, avec le même appareil, j'ai communiqué à l'air atmosphérique un pouvoir éclairant égal à 60 bougies. Jusqu'à ce degré, plus le temps du contact est long, plus est grand le pouvoir éclairant, soit du gaz, soit de l'air, qui en résulte.

Toutes les qualités de gaz de houille que l'on fait passer au-dessus de la même surface de cet hydrocarbure ne possèdent pas un égal pouvoir absorbant de ses vapeurs. Plus la qualité du gaz est faible, plus ce pouvoir est développé. Mes expériences mettent en lumière une propriété particulière qui semble régler le point de saturation des gaz possédant des pouvoirs éclairants différents. J'ai fait remarquer ci-dessus que la matière productive de lumière, contenue originellement dans le gaz, est un facteur important pour son pouvoir de se saturer de vapeurs hydrocarbonées. Il est bien connu qu'un gaz riche de cannel contient une grande quantité d'hydrocarbure



et par conséquent moins d'hydrogène non combiné qu'un gaz ordinaire de houille; et, comme l'hydrogène pur a une très forte tendance à se combiner avec les vapeurs hydrocarbonées, il s'ensuit que moins un gaz contient de matières éclairantes, plus il aura d'hydrogène à sa disposition pour absorber la vapeur volatile avec laquelle on le met en contact. Ainsi on trouve que lorsqu'on fait passer des gaz de 10 et de 30 bougies à travers le même carburateur, et nécessairement au dessus de la même surface d'hydrocarbure, ils sont tous deux augmentés en quantité de telle manière que leur pouvoir éclairant, lorsqu'ils sont carburés est devenu égal.

Le tableau I montre le pouvoir éclairant fourni à cinq qualités différentes de gaz en les faisant passer respectivement au dessus de la même quantité d'essence de pétrole dans le même carburateur, sur leur chemin vers le brûleur du photomètre. Ces gaz ont été brûlés dans un "Gondou" Argand de 8 ugs, avec une cheminée de 5 pouces sur 2, et la hauteur de la flamme était maintenue à 2 1/2 pouces. Deux à trois expériences ont été faites avec chaque échantillon de gaz, leur ordre consécutif est indiqué par les chiffres romains; on verra par ce tableau que la

le pouvoir du carburateur était aussi grand à la fin qu'il l'était au commencement de l'expérience pour égaliser les quantités de gaz différents.

Nous voyons dans ce tableau que des gaz de 10 et de  $27\frac{1}{2}$  bougies, après avoir passé au dessus de la même surface d'hydrocarbure, ont été tous deux convertis en un gaz d'un pouvoir de près de 70 bougies. Le gaz pauvre a augmenté en qualité de 10 à 70 bougies, ayant absorbé ce qu'il fallait d'hydrocarbure pour développer une somme de lumière égale à 60 bougies; tandis que le gaz riche, qui avait tout à fait les mêmes facilités pour absorber l'hydrocarbure, n'a développé qu'une augmentation de lumière de  $42\frac{1}{2}$  bougies. Nos deux échantillons de gaz de 10 bougies différaient l'un de l'autre en ce sens que l'un était préparé en mélangeant de l'air à du gaz ordinaire, et l'autre venait d'une charge de houille de Newcastle dont on avait séparé le premier et le plus riche gaz. Il paraît que tous deux possédaient le même appétit pour l'hydrocarbure.

Dans les expériences qui sont indiquées au tableau I, aussi bien que dans celles relatives dans les tableaux II et III, on a employé un carburateur formé d'un vase

plait en fer blanc d'environ 2 poences de profondeur, avec des cloisons étanches disposées de façon à ce que le gaz avant de quitter le carburateur, passe plusieurs fois devant et derrière sur la surface de l'hydrocarbure. Le vase était plongé dans un bain d'eau et maintenu autant que possible à la même température pendant tout le temps des expériences. Cette forme de carburateur, ainsi que je m'y attendais quelque peu, ne paraît pas à la vérité la plus convenable pour le but en question, vu qu'après un fonctionnement de quelques heures, il a vite perdu une partie de ses propriétés de carburation élevée, et qu'au lieu de fournir du gaz de 70 bougies, son pouvoir s'était graduellement réduit jusqu'à 50 bougies; mais il conservait toujours le pouvoir d'égaliser les quantités des gaz différents.

En vue de corroborer les résultats intéressants obtenus dans les expériences ci-dessus, je résolus de faire une seconde série d'expériences sur une échelle plus étendue, en opérant sur une grande quantité de chaque qualité de gaz, et en notant la quantité d'essence absorbée par chacune d'elles. En somme, ces résultats concordent très bien avec ceux de la première série, et on trouvera que le tableau II, qui contient les résultats de ces expériences, confirme quelques



renseignements intéressants. Le carburateur était garni de la même quantité d'essence fraîche pour chaque échantillon de gaz; à la fin de chaque expérience, la quantité d'essence qui restait était mesurée, et on déterminait ainsi par différence la consommation de matière. Environ 5 pieds cubes de chaque échantillon de gaz passaient sur l'essence, et l'on notait le temps employé à consommer le gaz carburé, ainsi que la température du bsin et du compteur. La somme de lumière donnée par les différents échantillons de gaz et d'air, lorsqu'ils étaient carburés, était déterminée en notant le pouvoir du même volume de chacun d'eux pour maintenir une flamme de  $2\frac{1}{2}$  pouces dans un bec « London » Argand de Suzy. Les plus grands soins étaient pris, par une attention constante, pour assurer dans chaque cas une hauteur de flamme régulière; et des observations fréquentes étaient faites, pendant les expériences, au moyen du photomètre, avec un étalon constant de 2 bougies. On employa ainsi huit échantillons de gaz et un d'air. Les quantités les plus faibles de gaz étaient préparées en réduisant du gaz ordinaire avec de l'air; c'était d'ailleurs la méthode la plus convenable de les préparer.

Nous référant à la colonne A, tableau II, on verra que 1 pied cube du gaz de 8 bougies

absorbait 60,6 centimètres cubes d'hydrocarbure, et que la même quantité de gaz de 32 bougies en absorbait 53,5; le gaz pauvre avait donc absorbé 13 pour cent de plus que la qualité plus riche. La colonne H représente la valeur éclairante des gaz avant leur carbonisation en termes équivalents aux grains de bougies de spermacète types consommés; la qualité riche posséderait une lumière de 267 pour cent plus forte que la qualité de 8 bougies.

La colonne I montre qu'après que ces gaz ont été carbonisés, cette grande différence en qualité est réduite à 9,8 pour cent. Comparant le gaz de 20 à celui de 8 bougies, nous ne trouvons que peu de différence dans leur qualité. La colonne K montre le tant pour cent de lumière gagnée par l'absorption d'hydrocarbure. Le gaz de 8 bougies gagne 586 pour cent, et celui de 32 bougies 105 pour cent. Et dans la colonne L, nous trouvons que la qualité pauvre a développé par chaque centimètre cube d'essence absorbée, une lumière égale à 20,2 grains de spermacète, tandis que le gaz riche n'a développé de la même quantité qu'une lumière égale à 15,1 grains. Ici nous sommes en présence d'un problème quelque peu difficile à résoudre.

Pourquoi le gaz pauvre développe-t-il plus de lumière par centimètre cube d'essence absorbée

que le gaz riche ? On serait presque tenté de l'attribuer à une combustion imparfaite, mais je me suis assuré que telle n'était pas la cause, car si nous avions une combustion incomplète dans l'un, nous devrions nécessairement l'avoir dans l'autre, vu que la quantité de tous les gaz était la même lorsqu'ils étaient carburés, spécialement pendant les deux premières heures de chaque expérience, lorsque les plus riches hydrocarbures étaient extraits du carburateur par les gaz. Je n'ai pas eu l'occasion de faire des recherches quant à cette cause ; mais je crois qu'on peut trouver une solution au problème en accordant un peu d'attention à la matière volatile contenue dans le gaz riche. Mon impression est que l'hydrocarbure du gaz s'est joint à une portion de la vapeur de l'essence, et qu'une fois cette combinaison faite, elle trouve sa voie, non vers le brûleur, mais vers le fond du vase carburateur. C'est là, cependant, qu'une simple conjecture qui a besoin d'être confirmée.

En comparant le tableau II avec le tableau I, je crois qu'on admettra que nous avons une confirmation des résultats en général ; et il est clairement et indubitablement établi, que le pouvoir d'absorption des hydrocarbures, et par suite et d'augmentation de développement de la lumière, est plus grand dans le gaz pauvre que dans le gaz riche. On voit aussi combien



le pouvoir de l'hydrogène pur est plus grand sous ce rapport que celui de l'air atmosphérique ; et le contraste est encore plus marqué lorsque l'hydrogène est comparé à du gaz de 32 bougies.

Pendant tout le cours de ces expériences, le seul bec qui ait été employé pour brûler ces gaz fortement carburés, était le à l'ordonn. Argent, avec une cheminée de 6 pouces sur 2 pouces, marquée à 2 1/2 pouces au dessus du brûleur, de manière à assurer la même hauteur de flamme avec chaque échantillon de gaz. Il s'est donc été à même d'établir le tableau III qui montre la quantité de lumière donnée par une flamme de 2 1/2 pouces par des gaz variant de 82 bougies à 11 bougies en bougies de spermacète types.

Les légères variations dans ce tableau sont indubitablement causées par la difficulté d'obtenir de l'uniformité dans la hauteur de la flamme, et nous avons ici la confirmation du principe sur lequel M. Suez a basé la construction de son mesureur de pouvoir éclairant.

Ayant ainsi, clairement établi le fait que des gaz ayant à l'origine une très-grande différence de qualité, produisent la même somme de lumière lorsqu'ils sont carburés et brûlés par le même bec avec une flamme de 2 1/2 pouces, il est évident

que si la même portion de flamme est prise dans chaque cas nous aurons aussi de l'uniformité. Pour dissiper tous les doutes, s'il pouvoit en exister quant à cette assertion, j'ai extrait quelques expériences (voir expériences A. B. C et D) où une portion de la flamme carburée de gaz de pouvoirs éclairants très différents, égale à deux bougies, a été employée pour déterminer la valeur d'un gaz de qualité constante.

Dans le but d'aller au devant des objections de ceux qui ne verraient pas toute la portée de cette question et pouraient, par conséquent, penser que les portions légères de l'hydrocarbure qui sortent en premier lieu, peuvent introduire une source d'erreurs, j'ai imaginé un carburateur perfectionné qui se compose de plusieurs baguets de tissu métallique très fin, fixés dans une petite chambre rectangulaire sur un plan incliné; la quantité nécessaire d'hydrocarbure est réglée et s'écoule d'un réservoir sur le baguet du haut, aussitôt la volatilisation de l'essence commence; ce qui n'est pas évaporé dans le baguet du haut tombe dans le second et ainsi de suite. En passant simplement au dessus des baguets en question, le gaz se sature de vapeur et est ensuite consumé dans le brûleur. On voit donc que cette modification

empêche toute altération de la qualité de l'hydrocarbure dans le réservoir. Le gaz n'agit que sur ce qui peut s'évaporer dans le tissu métallique ; et si la quantité admise au carburateur est réglée avec soin, le tout se volatilise et on aura comme résultat la production d'une qualité uniforme de gaz carburé, pendant n'importe quelle durée et réglée par la quantité d'essence dans le réservoir.

Le tableau IV montre l'effet de carburation produit par cet appareil et lorsqu'une portion de la flamme des gaz carburés égale à deux bougies était employée pour déterminer la qualité d'un gaz d'une valeur constante, on obtenait les résultats indiqués dans l'expérience E.

Après ce qui vient d'être dit, et considérant les expériences qui ont été citées, il faut très peu d'explications pour montrer la manière dont ces gaz carburés peuvent être employés comme lumière type au moyen de laquelle on déterminera la valeur de toute autre lumière. Le principe général de mon système, tel qu'il a été adopté jusqu'à présent, n'est pas altéré. Je propose d'employer la même lampe avec une légère réduction dans les dimensions de l'ouverture et d'opérer avec une flamme de  $2\frac{1}{2}$  pouces au lieu de 3 pouces. La lumière à examiner, si c'est du gaz, sera déterminée par une portion



de la flamme du même gaz carburé. Ayant la lampe avec l'ouverture modifiée, tout ce qu'il faut, c'est le carburateur, je propose de fixer ce dernier à une place convenable, à une bonne distance de toute lumière et plan-geant dans un bain d'eau, dont on peut maintenir la température entre 50 et 60° Fahr. Ce bain est nécessaire pour compenser le froid excessif occasionné par l'évaporation de l'essence; et sans lui, l'action convenable de l'hydrocarbure serait retardée. Le réservoir attaché au carburateur sera un vase en verre fort d'environ une pinte de capacité, gradué et muni d'un bon robinet d'arrêt au moyen duquel l'opérateur est à même de régler l'écoulement de l'hydrocarbure dans le carburateur. Comme il faut un peu moins de 20 grains pour carburer un pied cube de gaz et que cette quantité brûlant en une flamme de 2 pouces  $\frac{1}{2}$ , durera une heure, il s'ensuit qu'une charge du réservoir sera suffisante pour fournir à l'opérateur une lumière invariable pendant dix heures; ou, en supposant que chaque expérience dure un quart d'heure, il sera à même de faire 40 déterminations avant de le remplir de nouveau. Comme l'essence de pétrole que je propose d'employer est d'une nature très volatile, il faut prendre des précautions en remplissant le réservoir, pour éviter

des accidents, et il est désirable lorsque l'on procède à cette opération, de choisir un moment et un endroit où l'on n'a pas besoin de lumière artificielle.

La dimension de l'ouverture dans l'écran que j'ai trouvée égale à 4 bougies avec du gaz carboné pris d'une portion de la flamme de  $2\frac{1}{4}$  au dessus du bec, sont d'environ  $1\frac{5}{8}$  de hauteur et  $\frac{8}{8}$  de largeur. Cette ouverture est moins haute que celle qui existe pour l'emploi du gaz ordinaire, afin d'être appropriée à la hauteur réduite de la flamme et elle est plus large pour compenser la réduction de sa hauteur.

En augmentant la largeur de cette ouverture dans l'écran, j'ai pu prendre autant qu'il fallait de la flamme pour donner une lumière égale à 4 bougies. Je considère qu'il est aussi peu nécessaire que convenable de prendre une plus grande portion de la flamme. Toute largeur plus forte que celle que j'ai choisie pour mon étalon de 4 bougies, porterait le bord lumineux de chaque côté de la flamme et, pour plusieurs raisons, je préférerais en garder la lumière derrière l'écran.

Je dois saisir cette occasion de faire nettement ressortir que bien que je considère ce changement de mon système comme un perfectionnement, ma confiance dans

mon étalon primitif n'en est cependant nullement amoindrie. Les marches que j'ai suivies en recommandant les additions expliquées dans le présent écrit étaient nécessaires et autant plus que la direction du Comité commercial des étalons photométriques a considéré que la lampe, dans la forme qui lui a été soumise, n'avait pas la précision nécessaire pour un étalon, au delà d'un écart suffisamment grand dans la qualité du gaz employé. Les changements que je viens d'exposer détruiront complètement toutes ces objections. Je conserve, cependant, l'opinion que mon étalon, tel qu'il est construit jusqu'à présent, est tout ce dont on a besoin pour une analyse ordinaire ; mais, comme contrôle, lorsque les résultats sont douteux et d'une façon ou d'autre, le carburateur peut, sans grande difficulté, être mis en action, l'ouverture dans les verres changée, et la détermination se fait avec une certitude complète.

Mes recherches prouvent donc incontestablement qu'en mettant des gaz de différents degrés comme qualité en contact avec la vapeur de pétrole léger, le pouvoir éclairant de ces gaz se trouve égalisé, et que ces gaz brûlés dans le même bec, avec la même hauteur de flamme, sans avoir égard au degré auquel ils sont carburés, donnent



la même somme de lumière.

Il doit nécessairement s'en suivre que, si ces résultats sont obtenus avec des gaz d'un grand écart comme quantité, les gaz d'une faible différence de quantité seront affectés d'une manière semblable; et que si l'égalité de lumière est obtenue avec les flammes entières des gaz carburés, une portion égale de ces flammes devra produire un résultat analogue. Les faits étant admis, nous avons dans ce système tout ce dont on a besoin, savoir d'une extrémité du photomètre, une somme constante de lumière au moyen de laquelle on peut déterminer avec exactitude le pouvoir éclairant d'une lumière quelconque.

Tableau I

## Tableau I

Premières séries d'expériences indiquant le pouvoir éclairant obtenu de bougies de spermacète types, en carburant cinq qualités différentes de gaz.

Qualité de gaz	Ordre dans lequel les expériences ont été faites	Qualité du gaz après la combustion des bougies	Variation bougie
N°1 — 10,1 bougies	V . . . . .	77.57	+ 6.94
	XI . . . . .	70.49	— 0.41
N°2 — 10.0 —	II . . . . .	71.37	+ 0.74
	VII . . . . .	70.99	+ 0.36
	I . . . . .	66.86	— 3.77
N°3 — 17.0 —	VI . . . . .	71.47	+ 0.84
	X . . . . .	72.05	+ 1.42
N°4 — 22.0 —	III . . . . .	69.00	— 1.63
	VIII . . . . .	66.55	— 4.08
N°5 — 27.5 —	IV . . . . .	71.73	+ 1.10
	IX . . . . .	68.88	— 1.75

Tableau II.

seconde série d'expériences montrant l'absorption d'hydrocarbure et la somme de lumière qu'on en a obtenue avec des gaz de différentes qualités.

Qualité etc Gaz	Volume		Temps		Température		Pariel cub. de gaz employé				
	A	B	C	D	L	F	Hydro- carbure absorbé	Lumière solidaire de la combustion	Lumière solidaire de la combustion	Lumière solidaire de la combustion	Lumière solidaire de la combustion
Hydrogène	4.985	310	227	4.365	54	62	62.19	1320	1320	1320	21.22
N. 69 bonqies	4.950	300	245	1.224	54	69	60.60	209	1435	1226	20.23
10.35	4.995	295	242	1.219	54	66	59.05	248	1405	1157	19.59
15.15	4.940	295	239	1.234	54	61	59.71	363	1403	1040	17.41
17.45	4.990	295	254	1.169	54	60	59.11	419	1476	1057	17.88
20.00	5.030	270	250	1.080	53	64	53.68	480	1441	951	17.40
24.20	5.000	280	260	1.076	54	60	56.00	520	1508	928	16.57
32.00	5.042	270	274	0.985	54	61	53.55	768	1575	808	15.08
Air atmosphérique	5.043	275	162	1.697	54	61	54.53	"	931	931	17.09



## Tableau III

Indiquant la valeur éclairante d'une flamme de  $2\frac{1}{2}$  pouces de gaz de différentes qualités, brûlés dans un aérodon n. 600 Argand de Suzy, valeur déterminée par un étalon constant de 2 bougies.

Qualité de gaz	Valeur de la flamme de $2\frac{1}{2}$ pouces
82 bougies	14,49 bougies
72 —	14.56 —
69 —	14.68 —
66 —	14.60 —
65 —	14.60 —
61 —	14.65 —
54 —	14.63 —
58 —	14.41 —
57 —	14.67 —
48 —	14.19 —
47 —	14.31 —
43 —	14.44 —
38 —	14.67 —
36 —	14.61 —
30 —	14.62 —
21 —	14.87 —

## Tableau IV

Pouvoir éclairant obtenu en bougies de spermaceti types, en carburant cinq différentes qualités de gaz avec un carburateur perfectionné.

Qualité du gaz avant la carburation	Qualité du gaz après la carburation	Variation
10,51 bougies	62.86 bougies	+ 0.54 bougies
13.82 —	60.38 —	- 1.94 —
16.25 —	61.92 —	- 0.40 —
18.85 —	62.49 —	+ 0.17 —
20.44 —	63.77 —	+ 1.65 —
Moyenne	62.32	

## Expérience A

Qualité de gaz dans le récipient n° 1, déterminée  
par :

	Bougies	Variation
Gaz de 6.89 bougies, carburé =	16.69	+ 0.17
— de 15.21 — =	16.38	— 0.14
— de 17.73 — =	16.48	— 0.06
Moyenne =	16.52	

## Expérience B

Qualité de gaz dans le récipient n° 2, déterminée  
par :

	Bougies	Variation
Gaz de 25.00 bougies, carburé =	24.37	— 0.14
— de 15.38 — =	24.59	+ 0.08
— de 9.34 — =	24.58	+ 0.07
Moyenne =	24.51	

## Expérience C (n° 8)

Qualité de gaz dans le récipient n° 3, déterminée  
par :

	Bougies	Variation
Gaz de 17.46 bougies, carburé =	16.72	+ 0.06
— de 16.00 — =	16.60	— 0.06
— de 9.00 — =	16.67	+ 0.01

## Expérience D

Qualité de gaz dans le récipient n° 4, déterminée  
par :

	Bougies	Variation
Gaz de 35.00 bougies, carburé =	36.79	+ 0.37
de 24.66 =	36.27	— 0.15
de 20.22 =	36.36	—
de 16.00 =	36.57	+
de 4.78 =	36.33	—
	36.23	—
Moyenne =		

## Expérience E

Qualité de gaz dans le récipient n° 5, déterminée par:

			Bougies	Variation
Gaz de 5.05 bougies, carburé	=		19.35	- 0.03
- de 11.41	-	=	19.28	- 0.10
- de 16.00	-	=	19.48	+ 0.10
- de 17.36	-	=	19.21	- 0.10
- de 19.50	-	=	19.58	+ 0.20
			<hr/>	
	Moyenne =		19.38	
			<hr/>	



# Photomètre à prismes

translucides

du Professeur Joly, de Dublin. (1)

Au Congrès de la British Association, tenu à Aberdeen, le Professeur Joly B.E. de Dublin, a fait une communication sur le sujet suivant. Il exposa quesi deux morceaux de paraffine, ou d'autre substance translucide étaient placés de telle sorte qu'ils coïncidassent suivant un plan, et que si on les interposait entre deux sources de lumière inégales, l'éclat de chacun d'eux était fort différent. Si, au contraire, on les éclairait également, la ligne de jonction disparaissait entre eux. Si l'on substitue au papier huilé, ordinairement employé dans le photomètre Bunsen, un double prisme ainsi formé, on obtient par ce moyen une indication très sensible de l'égalité des deux sources de lumière. Pour corriger les irrégularités de structure qui pourraient exister dans les prismes eux-mêmes, il suffit de les tourner bout pour bout, de façon que le prisme primitivement à droite passe à gauche, et vice-versa. Cet appareil a sur le photomètre à ombres et sur celui de Bunsen la supériorité suivante : c'est que les deux

(1) Extrait du Journal des usines 5922 du 5 octobre 1885

surfaces à comparer sont en contact direct l'une avec l'autre. Dans le photomètre à ombres, à moins que la source de lumière ne soit de surface très petite, il y a une pénombre sensible, qui empêche d'amener les deux ombres à leur point de tangence, et dans le photomètre de Bunsen les deux images étant vues par réflexion dans les miroirs inclinés, à une distance considérable l'une de l'autre, ne sont pas dans une position qui permette une comparaison facile et certaine. Il on a trouvé que dans la pratique le nouvel instrument est d'un maniement facile et simple, et qu'il est moins fatigant pour l'observateur que le photomètre Bunsen, qui l'oblige à porter l'œil d'une image à l'autre. D'autres substances que la paraffine ont été essayées : marbre, albâtre, soye, mais ont donné de moins bons résultats.

---

## Ventilation du théâtre de Nice (1)

Le Journal of gas lighting donne quelques détails relatifs à l'installation faite au théâtre de Nice par M. M. Grénotte et Herscher, envoici un extrait :

« Un récent numéro du Builder donne des détails intéressants sur la ventilation du théâtre de Nice, reconstruit à la place de celui qui fut incendié. Cette ventilation avait été oubliée, l'architecte du nouveau théâtre n'ayant prévu aucune admission ou échappement de l'air autrement que par les portes et les fenêtres. Cette omission ayant été remarquée M. M. Grénotte et Herscher, qui avaient déjà ventilé avec succès le théâtre de Genève, furent appelés à la réparer, et ils paraissent avoir réussi au delà même de toute attente.

Le principe appliqué à Nice est celui d'un afflux d'air pur, en quantité calculée, rafraîchi en été, réchauffé en hiver, entrant par un grand nombre d'ouvertures au niveau du plancher et s'élevant lentement vers le toit. Sous chacun des sièges formant le parterre, se trouve une ouverture de 6 x 10

---

(1) Extrait du Journal des U. Sines 27 22. 5 octobre



pouces ( $0^m 15 \times 0^m 25$ ) recouverte d'une grille  
 en fer. Ces ouvertures (au nombre de 400)  
 sont réunies par des caniveaux au puits à tra-  
 vers lequel parvient l'air pur d'un ventilateur,  
 actionné par un petit moteur à gaz. Cet air  
 passe sur les parois d'un tuyau disposé pour  
 recevoir soit un mélange réfrigérant, soit de  
 l'eau chaude, suivant la saison; mais l'air  
 n'est jamais chauffé au delà de  $62^{\circ}$  à  $65^{\circ}$  Fahr.  
 ( $16$  à  $18^{\circ}$  C). L'air est de plus en été refroidi  
 par une pluie d'eau qui lui communique une  
 fraîcheur agréable. Il faut noter que l'édifice  
 n'est pas chauffé au moyen de l'air consacré  
 à sa ventilation, mais d'une façon tout à fait  
 indépendante par des bouches d'air chaud  
 pratiquées dans les murs. Il n'y a pas d'  
 admission spéciale d'air pur dans les lo-  
 ges ni aux balcons; la ventilation générale  
 par le plancher étant suffisante dans tous  
 les petits théâtres, surtout si le courant  
 ascendant vient en contact avec le devant  
 des loges, où se tiennent précisément les spec-  
 tateurs pendant la représentation. La salle  
 elle-même est éclairée par 27 bœcs de gaz, en  
 comprenant les couloirs, dégagements etc. et  
 il y en a 1,700 allumés chaque soir. La con-  
 sommation du gaz est de  $182^m 35$  l'heure,  
 non compris celle du moteur à gaz de 6 che-  
 -vaux. Le volume d'air nécessaire pour la  
 ventilation est moyennement de  $14,000^m.c$

à l'heure en hiver et de 18000 en été soit  
 9 à 12<sup>m</sup> par spectateur. Outre cela, il y a la  
 ventilation accidentelle par les portes et  
 les fenêtres; mais l'on prend toujours  
 soin que les dégagements et couloirs soient  
 de 2 ou 3 degrés plus chauds que l'intérieur  
 de la salle, afin que tout courant d'air soit  
 chaud et non froid. Pendant les repré-  
 sentations, la température au parterre  
 est de 16°5 à 17°5 C pendant toute la soirée.  
 Dans la galerie, la température est la même  
 au commencement, mais dans le cours de  
 la seconde heure s'élève à 18° C, et à la fin  
 d'une longue représentation peut atteindre  
 20° C. Pendant ce temps, les abords de la  
 salle sont aux environs de 18 à 19° C. L'air  
 pur pénètre dans la salle avec une vitesse  
 de 15 à 25 centimètres par seconde, suivant  
 la saison et le nombre des spectateurs; mais  
 le courant n'est jamais senti par les assis-  
 sants, qui éprouvent seulement la sensa-  
 tion d'un confort et d'une fraîcheur inusi-  
 tés. Cette installation, dit le Builder, met  
 complètement à néant la prétention que l'  
 éclairage au gaz serait incompatible avec  
 la fraîcheur et la pureté de l'air dans un  
 théâtre.

## Comparaison photométrique des lumières de teintes différentes

Par M. A. Crova (\*)

L'image des photomètres ordinaires, et spécialement de celui de Foucault, est applicable au seul cas où les lumières à comparer, sont de même teinte; mais il en est très rarement ainsi, et leur différence de coloration est une cause qui rend trop souvent les mesures incertaines. Il est, en effet, à peu près impossible de juger de l'égalité d'éclairement des deux surfaces de teintes différentes, ou bien si l'on y arrive approximativement, c'en est que par une sorte de convention, les deux impressions étant de nature différente. Deux observateurs différents, ou le même observateur à diverses époques, jugeront d'une manière variable; de plus, l'illusion par suite de laquelle la ligne de contact disparaît, ne peut s'obtenir dans ce cas, ce qui enlève à l'appareil de Foucault une partie de son valeur.

D'après M. Helmholtz tout essai de comparaison de deux sources de couleurs différentes est impossible : « De toutes les

---

(\*) Extrait du Journal des usines à gaz du  
20 Février 1886.



comparaisons effectuées à l'aide de l'œil entre les intensités de différentes sortes de lumières composées, il n'en est aucune qui possède une valeur objective, indépendante de la nature de l'œil ». Cette assertion, si elle était rigoureusement vraie, serait de nature à décourager les observateurs qui s'occupent de photométrie, et de mesures d'intensité relative seraient à peu près impossibles dans le plus grand nombre de cas, car il est rare de trouver deux sources de lumière exactement de même teinte ; le photomètre de Foucault, à cause de sa grande sensibilité, permet en effet de constater des différences de teinte très notables entre les lumières provenant de sources différentes, et même entre celles qu'émet un même combustible (gaz, huiles etc), brûlant dans des conditions un peu différentes. Ici le contraste des deux plaques amenées au contact rigoureux, permet de constater des différences de teinte qui échappent aux autres photomètres.

L'œil ne peut apprécier l'égalité d'éclairement de deux surfaces contiguës, éclairées par deux lumières simples de longueur d'onde différente ; on sait, en effet que d'après Purkinje, l'intensité de la sensation est une fonction de l'intensité lumineuse, qui diffère suivant l'espèce de lumière.

Tant que l'intensité lumineuse est faible, l'impression produite sur l'œil augmente avec l'intensité, et la courbe représentative est une ligne droite qui part de l'origine des coordonnées, l'axe des abscisses étant celui des intensités et l'axe des ordonnées étant celui des impressions lumineuses ; pour chaque longueur d'onde différente, le coefficient angulaire de cette droite est différent et, en général, d'autant plus grand, que la radiation est moins réfrangible ; mais si l'intensité lumineuse augmente, la proportionnalité ne se maintient plus, les droites s'infléchissent en tournant leur concavité vers l'axe des intensités, mais l'affaiblissement est proportionnellement plus grand pour les radiations les moins réfrangibles. Si donc, pour des intensités faibles, le jaune paraîtrait moins intense que le bleu, l'inverse pourra avoir lieu lorsque ces deux lumières auront augmenté, toutes les deux dans le même rapport. Il suit de là que, si l'on compare une lumière rougeâtre, comme celle du crépuscule, avec une lumière bleuâtre comme celle du soleil, le rapport des intensités variera avec l'intensité absolue du champ photométrique, ce qui exclut toute possibilité de détermination même approximative ; il est un seul cas

où le photomètre donnera des rapports d'intensité indépendants de la valeur absolue de ces intensités : c'est lorsque ces intensités seront toutes les deux voisines de zéro.

Mais dans ce dernier cas, toute sensation de couleur disparaît aussi ; en effet, si l'on affaiblit un spectre solaire au moyen de deux nicols dont on amène lentement les sections droites à être perpendiculaires, l'œil finit par ne plus voir, dans toute l'étendue du spectre, qu'une teinte plus ou moins foncée.

Cette remarque explique pourquoi M. Allard a pu déterminer avec assez d'exactitude le rapport des intensités lumineuses, de sources de teintes très différentes, en prenant la précaution de cligner de l'œil en regardant l'écran photométrique, ce qui fait paraître d'un gris uniforme les deux bandes lumineuses du photomètre ; en opérant ainsi, le rapprochement des paupières diminue de plus en plus l'ouverture pupillaire, et l'intensité du champ retinien tend vers zéro, limite dans le voisinage de laquelle toute sensation de couleur disparaît, l'impression lumineuse étant encore suffisante pour que l'on puisse juger de l'égalité d'éclairement,



La question peut être scientifiquement résolue de la manière suivante :

Admettons que les deux lumières à comparer aient été placées à des distances du photomètre telles que leur éclairement total soit le même, et supposons étalées en deux spectres contigus, les radiations simples qui les composent : il est très facile de réaliser cette dernière condition, en substituant à l'écran photométrique la fente d'un spectrogoniomètre disposée horizontalement, de manière à être coupée rectangulairement en deux parties égales, par la ligne de séparation des deux plages de même intensité moyenne, mais de coloration différente.

Les deux spectres présenteront des aspects bien différents ; celui de la source dont la température d'émission est la plus élevée sera plus allongé vers le violet ; dans l'extrémité la plus réfringible commune aux deux spectres, la source la plus chaude aura une intensité lumineuse supérieure à celle de l'autre source, et l'inverse aura lieu dans l'extrémité la moins réfringible ; le rapport des intensités photométriques sera donc plus grand que l'unité dans le violet, et diminuera d'une manière continue jusqu'au rouge où il sera devenu inférieur à

l'unité.

Il existe donc une radiation simple déterminée, dont la longueur d'onde dépend de la nature des deux lumières comparées, pour laquelle ce rapport est exactement égal à l'unité; si cette radiation est exactement connue, la mesure du rapport de ses intensités dans les deux spectres donnera exactement le rapport des intensités totales des deux sources.

Mais, si la valeur de l'énergie radiante d'une vibration de longueur d'onde déterminée peut être obtenue exactement en unités mécaniques la détermination de son pouvoir éclairant comporte toutes les incertitudes inhérentes à la mesure de sensations physiologiques variables d'un œil à l'autre.

Le pouvoir éclairant d'une radiation simple a été considéré par Celsius comme la propriété qu'a cette lumière de faire distinguer, sur un écran blanc qu'elle illumine, les petits détails tracés sur sa surface, tels que des traits ou des caractères plus ou moins fins; pour apprécier les pouvoirs éclairants relatifs des diverses lumières simples étalées dans un même spectre solaire, on attribua l'intensité de ce spectre jusqu'à ce que l'on cesse de distinguer les caractères tracés successivement dans ses diverses régions,

les pouvoirs éclairants seront inversement proportionnels aux coefficients d'affaiblissement dans chaque région ; la valeur absolue de ces coefficients varie avec la finesse des cristaux, mais leur rapport sera constant et ne dépendra que de la longueur d'onde de la lumière employée.

Les travaux les plus connus sur ce sujet sont ceux de Gilbert et de Vieillardt ; les résultats qu'ils ont obtenus sont peu concordants.

Nous basant sur le principe précédent, nous avons montré M. Lagarde, et moi, comment on peut déterminer avec précision ces coefficients, en général ; nous avons appliqué la méthode à la lumière solaire et à celle de l'étalon carcéot  $\rho'$  et donné pour ces deux sources, les rapports des pouvoirs éclairants des diverses radiations simples ; les maxima, que nous avons fait arbitrairement égaux à 100, pour chacune des deux sources, correspondent aux radiations

592  $\mu$  pour la lampe Carcéot, et à 564  $\mu$  pour la lumière solaire. Voici les résultats déduits

---

(1) Détermination du pouvoir éclairant des radiations simples (Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences, t. XCIII p. 959. (1881), et Journal de physique 2<sup>e</sup> série t. I p. 162.



des deux séries les plus régulières :

Longueurs d'onde	Pouvoirs éclairants		
	Lampes	Soleil	Soleil.
$\mu$			0.7302
740	0.1	"	"
720	0.7	"	"
700	1.6	"	"
680	5.7	0.5	0.685
660	14.0	1.5	2.05
640	28.0	4.0	5.48
620	52.5	10.2	14.00
600	94.0	23.0	31.50
580	72.5	62.5	85.60
560	37.5	98.5	135.00
540	23.5	30.5	41.80
520	13.0	17.2	23.60
500	6.0	9.2	12.60
480	2.0	3.0	4.11

La première colonne donne les longueurs d'onde en millièmes de millimètre ; la seconde et la troisième les pouvoirs éclairants relatifs des diverses longueurs d'onde pour la lampe et le soleil, rapportés chacun à un maximum = 100.

Si l'on construit les deux courbes dont les abscisses sont les longueurs d'onde, et les ordonnées, les pouvoirs éclairants, il est évident que l'une de chacune des courbes représente, pour chaque lumière,

Le pouvoir éclairant total, dans les conditions où elles ont été dressées, c'est-à-dire en faisant = 100, pour chacune d'elles, le pouvoir éclairant maximum.

J'ai tracé avec soin ces deux courbes sur un même rectangle de papier quadrillé; chacune des deux courbes a été découpée à l'aide d'un canif, le papier étant posé sur un plan de glace, et j'en ai déterminé le poids.

Poids

$$\left. \begin{array}{l} \text{Courbe du soleil} \dots 0^{\text{gr}} 858 \\ \text{— de la lampe} \dots 1^{\text{gr}} 175 \end{array} \right\} \frac{\text{Soleil}}{\text{Lampe}} = 0.7302$$

Pour ces deux courbes, le pouvoir éclairant de la courbe solaire correspondait donc aux 0.7302 du pouvoir éclairant relatif à la courbe de la lampe.

Donc si, conservant la courbe de la lampe, nous divisons les ordonnées de la courbe solaire par 0.7302, les deux séries seront égales; la quatrième colonne du tableau précédent donne ces résultats.

Si nous construisons les deux courbes, (lampe, soleil : 0.7302) leurs aires seront de même poids, et les deux courbes correspondront à des éclairagements égaux. En opérant ainsi, j'ai trouvé, les courbes étant tracées sur le papier :

$$\left. \begin{array}{l} \text{Courbe du soleil} \dots 0^{\text{gr}} 843 \\ \text{Courbe de la lampe} \dots 0^{\text{gr}} 912 \end{array} \right\} \frac{\text{Poids}}{\text{Poids}} = \frac{19}{902} = \frac{1}{46}$$

Cette erreur est de l'ordre de celles que l'on peut commettre par suite de l'incertitude du tracé et du découpage des courbes.

Ces deux courbes se coupent au point dont l'abscisse correspond à  $\lambda = 5824$ . Cette radiation est donc celle dont l'intensité est la même dans les deux lumières, lorsque les pouvoirs éclairants sont égaux. La comparaison des pouvoirs éclairants relatifs de la lumière solaire et de celle de la lampe se réduit à celle des intensités relatives de la radiation 582.

Pour réaliser rigoureusement une comparaison de ce genre, il suffit donc de se servir d'un spectrophotomètre; celui que j'ai décrit se prête très bien à cet usage. La courbe de graduation de l'instrument étant dressée, on amène le milieu de la fente oculaire sur le point de la graduation qui correspond à  $\lambda = 582$ ; perpendiculairement à son axe, à une distance de 0<sup>m</sup>20 environ, on place l'étalon Carcel; sa lumière tombe sur le système polarisant, et de là sur le premier réflecteur, qui l'envoie sur la demi-fente inférieure. Mais la lumière du Carcel est atténuée, dans un rapport inconnu, par les pertes par réflexion et par absorption, à travers les prismes de Nicol et le prisme réflecteur; on place, dans l'axe de l'appareil, un second Carcel dont



la lumière tombe sur la demi-fente libre, et on l'éloigne à une distance  $d$  de la fente, telle que l'égalité des intensités soit égale; les deux sections droites des nicols étant parallèles, l'intensité du champ du cercet dans la fente oculaire est donc  $\frac{c}{d^2}$ , c'étant la valeur du cercet, déduite de sa pesée.

Il suffit alors de remplacer le cercet situé dans l'axe par le champ solaire atténué dans un rapport connu, par une lentille divergente ou par un diffuseur, mais supérieur à celui du cercet; la rotation du nicol polarisateur permettra de rétablir l'égalité d'intensité, et celle du champ solaire  $S$  sera

$$S = \frac{c}{d^2} \cos^2 a;$$

on le multipliant par le coefficient connu de réduction on aura celle du champ solaire.

Cette méthode est précise, mais délicate; on peut opérer d'une manière plus simple et plus rapide dans la pratique, en suivant l'une des deux méthodes suivantes.

Première méthode. — Servons-nous d'un photomètre ordinaire de Foucault, et adaptons à l'extrémité du tube tronconique, à laquelle on fixe l'œil, une lunette dont l'objectif à court foyer permet d'obtenir une image très nette du disque et de la ligne de séparation des deux plages.

Dans le corps de la lunette se trouve un

système de deux nicols placés à angle droit, entre lesquels se trouve une lame de quartz perpendiculaire à l'axe de 9 millimètres d'épaisseur ; cette épaisseur a été calculée de manière que son interposition entre les deux nicols croisés donnerait naissance, dans le spectre de la lumière qui les traverse, à deux larges bandes d'interférence situées dans les deux extrémités du spectre, et qui en éteignant presque complètement l'intensité dans ces régions. En allant de ces deux bandes vers la limite du jaune et du vert, où se trouve la radiation 582, l'intensité des lumières transmises varie comme le cosinus carré de l'angle que fait la section droite du second nicol avec les plans de polarisation des diverses radiations qui ont subi, dans la lame de quartz, la dispersion rotatoire, jusqu'à celle pour laquelle ce cosinus est égal à l'unité, et qui ne subit aucun affaiblissement ; on conçoit que l'on puisse, par quelques tâtonnements, déplacer un peu ce second nicol, de manière à conserver le maximum d'intensité à toute radiation autre que 582, que l'on voudrait conserver, pour comparer deux lumières autres que celles du soleil et du cercel. Pour y arriver exactement, j'ai tracé la courbe des rotations du plan de polarisation des diverses longueurs d'onde pour 1 millimètre de quartz, détermi-

-nées par M. Broch, au moyen de la méthode de M. M. Fizeau et Foucault; les abscisses étant les longueurs d'onde, j'ai multiplié les ordonnées par l'épaisseur de la lame de quartz, et, le nicol analyseur étant à  $90^\circ$ , j'ai obtenu la position des bandes noires, en traçant sur la courbe les points qui correspondent à une rotation de  $180^\circ$ ,  $360^\circ$  et leurs multiples, pour lesquelles il y a extinction. J'ai pu ainsi déterminer exactement les régions du spectre, éteintes dans le cas de la rectangularité du polariseur et de l'analyseur. Une construction analogue donne les lieux d'extinction pour un angle quelconque des deux nicols.

Cet instrument a été construit par M. Duboscq; il a donné de bons résultats avec des lumières très différentes telles que la lumière Drummond, celles des lampes à arc ou à incandescence, etc; du reste la lunette que je viens de décrire s'adapterait tout aussi bien à un photomètre quelconque.

Avec des lumières de teintes très différentes, il donne aux deux plages une teinte d'un vert jaunâtre, très douce à l'œil; avec des lumières de même teinte, il est encore utile, car l'œil se fatigue moins que par l'inspection directe du champ; enfin, on peut en enlevant la lame de quartz, le transformer en un simple réducteur d'



intensité; en tournant l'un des nicols, on affaiblit autant que l'on veut le champ photométrique, et on l'amène à l'intensité la plus favorable pour chaque vue. On peut aussi, le quartz étant supprimé et les nicols tournés près de l'extinction, constater que les teintes, d'abord très différentes quand on fait usage du soleil et du cercet, s'uniformisent de plus en plus pour aboutir à un gris uniforme à mesure que l'intensité diminue.

Deuxième méthode. — On peut arriver plus simplement et même d'une manière plus rigoureuse, au même résultat; mais cette seconde méthode, produisant une absorption considérable, est plus spécialement applicable aux foyers très intenses de lumière, tels que le soleil ou les lampes à arc voltaïque.

1<sup>re</sup> Une solution de perchlorure de fer exerce une absorption très intense sur la partie la plus réfrangible du spectre. Si l'on augmente graduellement l'épaisseur ou la concentration de la solution absorbante, on voit un écran noir recouvrir le spectre en avançant du violet vers le rouge; l'absorption était complète dans le violet et dans le bleu, on peut, par l'un ou par l'autre des moyens indiqués, limiter à telle région du spectre que l'on voudra.

2<sup>e</sup> Une solution de chlorure de nickel produit le même effet sur toute l'étendue du spectre, mais avec une intensité beaucoup plus considérable sur l'extrémité rouge que sur l'extrémité violette.

L'expérience se fait par projection d'une manière très simple : on projette un spectre intense au moyen de la lumière solaire ou électrique, et l'on place devant la fente un système de deux cuves prismatiques superposées, dont les angles sont égaux et dirigés en sens inverse, de manière à former par leur superposition un milieu à faces parallèles, l'une de ces cuves est remplie d'eau, et l'autre, d'une solution concentrée de perchlorure de fer ou de chlorure de nickel. Le système étant appliqué contre la fente, de manière que l'arête réfringente lui soit parallèle, si on le déplace horizontalement, on interpose sur le trajet du faisceau lumineux un milieu à faces parallèles, dont l'absorption varie d'une manière continue, et l'on montre par projection les phénomènes dont je viens de parler.

Afin de se rendre compte, d'une manière exacte, de la loi suivant laquelle varie cette absorption, il est utile de déterminer au moyen d'un spectrophotomètre,

la courbe des absorptions exercées par chacune des deux solutions en fonction de la longueur d'onde, lorsqu'on fait varier la quantité de substance absorbante interposée.

Les solutions sont contenues dans des cuves en glace d'une épaisseur de 7 millimètres; une de ces cuves, pleine d'eau distillée, est d'abord placée devant la fente, et l'intensité de la lumière transmise est prise pour unité; puis la cuve remplie de la solution à étudier lui ayant été substituée, on détermine l'intensité correspondante aux diverses longueurs d'onde.

La comparaison de la lumière solaire à celle du cercel nous ayant montré que c'est la radiation dont la longueur d'onde est 582, dont la comparaison photométrique donne le même rapport que les pouvoirs éclairants totaux de ces deux sources, j'ai déterminé, d'après les considérations précédentes, la composition de la solution absorbante qui, dans ce cas particulier, donne les meilleurs résultats: le chlorure de nickel doit être pur et cristallisé; le perchlorure de fer doit être pur et anhydre. Il est bon de se servir de perchlorure sublimé, les solutions du



perchlorure étant presque toujours très acides, et sujettes à se réduire facilement à l'état de protochlorure vert, au contact des matières organiques ou des poussières de l'air.

La possibilité d'une pareille réduction est un écueil qu'il faut éviter avec soin, car elle diminuerait beaucoup l'absorption dans le bleu, l'augmenterait dans le rouge et changerait complètement la nature des radiations transmises.

La solution se prépare de la manière suivante :

Perchlorure de fer anhydre sublimé, 22 gr. 324

Chlorure de nickel cristallisé . . . 27 gr. 491

sont dissous dans l'eau distillée, et le volume de la solution est amené à être de 100 mètres cubes à la température de 15°.

Les sels doivent être dissous dans l'eau distillée, dans les proportions indiquées, la solution est alors portée à l'ébullition et saturée de chlorure après refroidissement, et le volume initial est rétabli par une addition convenable d'eau distillée récemment bouillie et refroidie; le liquide est immédiatement enfermé dans une cuve en glace à faces parallèles, bouchée à l'éméri. Les cuves

dont je me sers dans ce but sont formées d'un anneau plat en verre dressé, de 7 millimètres d'épaisseur, contre les deux faces duquel sont fixées, par simple adhérence, au moyen d'une goutte d'eau distillée, deux glaces minces, à faces bien parallèles, et serrées ensuite contre l'anneau, au moyen de deux plaques en laiton noirci, munies de quatre vis de pression; ces deux plaques, portent deux orifices circulaires dont le diamètre est un peu inférieur à celui de la cuve, de manière à ne laisser passer que les rayons qui ont traversé le liquide.

Le liquide est introduit au moyen d'une pipette capillaire par un petit orifice percé dans l'épaisseur de l'anneau, et fermé ensuite par un bouchon à l'éméri. Pour éviter la rupture possible des glaces, par suite d'une trop forte pression des vis, il est bon d'interposer entre la cuve et les plaques de laiton deux rondelles de carton ou de cuir. Des cuves ainsi remplies se conservent très longtemps sans altération.

Sous une épaisseur de 7 millimètres, cette solution ne laisse passer que les radiations comprises entre les longueurs d'onde  $630 \mu$  et  $534 \mu$  avec un maximum vers  $580 \mu$ ; si l'on augmente son épaisseur,

ces limites se rapprochent et tendent vers un maximum de 580  $\mu$  à 582  $\mu$ , qui est le plus favorable pour la photométrie solaire.

La température exerce une action notable sur le pouvoir éclairant du perchlorure de fer ; à mesure qu'elle s'élève, l'absorption va en croissant dans la région la plus réfringible, et l'écran noir, qui paraissait recouvrir le spectre jusqu'à la limite du vert vers le jaune, s'avance vers le rouge. Les limites de longueur d'onde que j'ai précédemment indiquées sont donc variables avec la température, mais dans les environs de 15°C., ces limites sont sensiblement invariables pour de faibles écarts de température.

Les observations photométriques deviennent du reste pénibles et même quelquefois impossibles à des températures trop basses ou trop élevées ; la température la plus favorable à tous égards est celle de 15°C. Comme je l'ai dit plus haut, le liquide absorbant, exerce, même sur les radiations qu'il transmet le mieux, une absorption considérable ; il en résulte que le cercle étant à 1 mètre, le champ photométrique est très affaibli, circonstance qui, rapprochée de la teinte verdâtre du champ,



permet d'obtenir longtemps, sans trop de fatigue; mais pour de très faibles intensités, le champ ne serait pas assez éclairé; on peut, il est vrai, étendre d'eau le liquide absorbant, mais alors sa teinte change et ne donne plus l'égalité aussi facilement; cet inconvénient se manifeste principalement dans l'étude photométrique de la lumière de la lune.

Sous l'épaisseur de 7 millimètres l'absorption est suffisante pour donner un monochromatisme suffisamment approché; aussi, si l'on regarde à travers cette solution des objets éclairés par la lumière du jour, la flamme d'une lampe, un foyer allumé etc tous ces objets présentent une teinte identique d'un vert jaunâtre uniforme.

On peut donc, par l'une ou l'autre des trois méthodes indiquées, selon le degré de précision que l'on voudra obtenir, comparer des lumières de teintes différentes sans aucune hésitation, et sans fatigue pour l'œil. Il est facile de constater ensuite qu'en rétablissant les teintes des lumières, la méthode ordinaire d'évaluation donne, quoique plus difficilement, des résultats qui, avec diverses observations, et, en multipliant les déterminations, se distribuent également de

part et d'autre du nombre obtenu par l'égalisation des teintes.

La longueur d'onde 582 qui réalise la comparaison monochromatique de la lampe et de la lumière solaire, ne coïncide pas exactement avec celle de la lampe et de toute autre source de température d'émission différente de celle du soleil. Si l'on se base sur la théorie des radiations émises par les corps incandescents, on verra que, si le maximum d'énergie se déplace vers le violet à mesure que la température d'émission s'élève, le maximum de pouvoir éclairant doit aussi se déplacer dans le même sens; or, la lampe modérateur qui est la source lumineuse qui correspond à la température la plus basse d'émission, à son maximum d'éclairement à la radiation  $\mu$ , et le soleil qui représente la limite opposée, c'est à dire la température la plus haute d'émission, à son maximum à 564  $\mu$ ; donc, les maxima de pouvoir éclairant de toutes les autres sources, dont la température d'émission est comprise entre les deux (nous en exceptons naturellement les corps incandescents dont la température est inférieure à 2000°, et qui ne sont jamais employés comme sources de lumière) auront leur maximum d'éclairement compris entre ces deux limites; si, pour chacune de ces sources comparées au carcel,

nous faisons les mêmes déterminations que nous avons citées pour le soleil et le cercel, l'ordonnée d'intersection, et, par suite, la longueur d'onde dont le pouvoir éclairant donne le même rapport que celui des lumières totales, tomberaient entre ces deux limites.

Le maximum 582, qui donne la solution dont nous avons indiqué la composition, est assez peu écarté des deux maxima 592 et 564, ainsi que les deux limites 630 et 534, pour que les radiations transmises, correspondantes à ces longueurs d'onde, conservent une intensité suffisante pour permettre une comparaison exacte; j'en suis assuré en faisant les comparaisons photométriques, d'abord en me servant de la solution indiquée, puis à l'effet nul, en affaiblissant les deux plaques par l'emploi de la lunette à nicols sans quartz, jusqu'à faire disparaître toute impression de couleurs distinctes; les résultats ont été les mêmes dans les deux cas, quoique dans le second, la détermination soit difficile, en raison de l'extrême faiblesse du champ rotinien. La méthode s'applique donc à toutes les lumières employées pour l'observation et, à ce titre, elle est d'un usage général.



# Etude sur les étalons photométriques (1)

Par M. Monnier

D'après la théorie généralement acceptée aujourd'hui, la lumière n'est autre chose qu'un mouvement de l'éther, c'est à dire que l'intensité lumineuse est égale à la quantité de puissance vive communiquée à la masse d'éther pendant l'unité de temps. Cette puissance vive en se transmettant à la matière pesante développe un certain travail qui se manifeste à nous sous la triple forme calorifique, éclairante et chimique. Chacune des radiations simple possède ces trois activités, mais à des degrés différents.

En outre la nature du travail exécuté par la radiation sur un corps dépend du travail déjà exécuté sur d'autres corps, ainsi que du plus ou moins d'aptitude que possède le corps considéré de vibrer à l'unisson de la radiation, de telle sorte que l'action d'un rayon n'est pas la même sur tous les corps. Il en résulte que nous ne connaissons pas de relation exacte entre l'énergie mécanique totale d'une radiation et chacun des effets qu'elle peut produire. En particulier, il serait impossible de

(1) Extrait du J.<sup>al</sup> des usines à gaz. — 5 Juin 1883

déduire le pouvoir éclairant d'une source lumineuse de la connaissance des actions physiques ou chimiques qu'elle peut exercer; et les seules méthodes de mesure qui répondent à l'idée que nous nous faisons de l'éclairement des corps, sont celles qui ont pour base l'action des radiations lumineuses sur l'organe de la vue. Comme l'œil ne peut apprécier avec certitude que l'égalité d'illumination, on se propose toujours de ramener à l'égalité les impressions produites sur la rétine par deux surfaces contiguës éclairées par les sources à comparer. Il suffit pour cela de réduire dans un rapport facile à déterminer l'intensité de la plus puissante jusqu'à ce que les deux surfaces paraissent également éclairées.

Les méthodes photométriques comportent donc l'examen de deux points distincts :

Étalon lumineux;

Appareils à employer.

Ces deux questions qui avaient été soumises au Congrès international des Électriciens, n'ont pas encore reçu de solution définitive, et la commission chargée de l'étude des procédés photométriques, s'est bornée à voter les propositions suivantes :

1<sup>re</sup> Le Congrès recommande au Jury l'emploi de la lampe Carcel dans les comparaisons

faciles entre les divers appareils de lumière électrique exposés ;

2° Le congrès prie le Gouvernement français de vouloir bien se mettre en rapport avec les Gouvernements étrangers, à l'effet de nommer une commission internationale qui serait chargée de la détermination de l'étalon définitif de lumière, et des dispositions à observer dans l'exécution des expériences de comparaison.

Bien que ces propositions aient été acceptées à l'unanimité, la valeur des foyers électriques a continué à s'exprimer en bougies, soit parce que la bougie était et demeure encore l'unité de lumière acceptée en Angleterre et en Allemagne, soit parce qu'elle est et l'est encore une manipulation plus facile que la lampe carcel. . . il était donc nécessaire, pour pouvoir comparer les résultats obtenus au laboratoire, avec ceux qui ont été publiés dans divers pays, de connaître le rapport qui existe entre le pouvoir éclairant de la lampe carcel et celui des différentes bougies usitées.

Ce sont les résultats de ces déterminations que nous venons vous communiquer aujourd'hui. Elles ont été faites au moyen d'un photomètre Dumas et Regnault et d'un photomètre Bunsen. Ces deux appareils sont bien connus, et il est inutile d'en donner la description.



### Lampe Carcel

Nous avons fait usage de deux lampes carcel dont toutes les dimensions ont été soigneusement vérifiées et répondent à la description que M. M. Dumas et Regnault en ont donnée dans leur instructions pour l'essai du gaz, savoir :

Diamètre extérieur du bec . . . . .	23,5 millimètres
Diamètre du courant d'air intérieur . . .	17,
Diamètre du courant d'air extérieur . . .	45,5
Hauteur totale du verre . . . . .	240
Distance du crâne à la base du verre .	61
Diamètre extérieur au niveau du cond .	47
Diamètre extérieur du verre pris au haut de la cheminée . . . . .	34
Épaisseur moyenne du verre . . . . .	2

On emploie l'huile de colza épurée et une mèche moyenne dite mèche des phares dont la tresse est composée de 75 brins; le diamètre de longueur pèse 3 gr. 6.

L'huile et les mèches que nous avons employées pour nos expériences proviennent de chez M. Deleuil.

La lampe doit consommer 42 grammes d'huile à l'heure. Quand la consommation descend au-dessous de 38 grammes ou qu'elle s'élève au-dessus de 46 grammes, l'essai est annulé; mais pour des expériences précises, il est préférable de restreindre ces limites et de chercher à maintenir la consommation de la lampe entre 40 et 44 grammes.

Il résulte des expériences de M. M. Audouin

et Bérard (*Annales de Chimie et de physique*, 3<sup>e</sup> série, t. LXXV) qu'en augmentant la hauteur de la mèche la dépense augmente ainsi que l'intensité, jusqu'à un certain point, 10 millimètres, et qu'au delà ces deux quantités diminuent.

2<sup>e</sup> Que l'élévation de l'étranglement du verre tend à augmenter la dépense d'huile, dans une proportion toujours croissante, mais qu'il y a un point où la dépense croissant toujours, l'intensité diminue; il y a par conséquent une hauteur du col du verre qui correspond au maximum du pouvoir éclairant de la lampe.

Il n'est pas possible d'indiquer à priori les conditions dans lesquelles il faut placer une lampe donnée pour obtenir une dépense à peu près constante, et avant de l'adopter comme étalon photométrique, il faut la soumettre à la série d'essais qui ont été exécutés sur celle qui a servi aux expériences de MM. Audouin et Bérard.

A chaque expérience on met une mèche neuve que l'on coupe à fleur du porte-mèche; on remplit la lampe d'huile jusqu'à la naissance de sa galerie. Après avoir allumé la lampe et monté la mèche et le verre à la hauteur convenable, on laisse brûler la lampe une demi-heure avant de commencer l'expérience.

Avec la lampe qui nous a servi, on obtient la consommation de 42 grammes en donnant à la mèche une hauteur de 8 millimètres, et en montant le coude du verre à 7 millimètres au dessus du niveau de la mèche.

La consommation d'huile de la lampe se détermine en observant le temps nécessaire à la combustion de 10 grammes. On en déduit la consommation correspondante pour une heure et la valeur éclairante de la lampe comparativement à celle de la candle normale brûlant 42 grammes d'huile par heure.

### Bougie anglaise

En Angleterre l'étalon photométrique généralement adopté est la bougie de spermacète de 6 à la livre brûlant 9 grains de matière grasse par minute ou 40 grains (7 gr. 776) par heure. Lorsque la consommation réelle de la bougie diffère de ce chiffre et à la condition qu'elle soit comprise entre 114 et 126 grains par heure, on admet que la valeur éclairante est proportionnelle à la consommation, et on fait la correction au moyen d'une simple proportion. Nos expériences ont porté sur 6 paquets de bougies normales telles qu'elles sont employées pour les essais



photométriques du gaz à Londres. Le poids moyen d'une bougie est de 76 gr. 2; la longueur de la bougie jusqu'à la base du cône est de 222 millimètres, son diamètre est de 20<sup>mm</sup> en haut et de 21<sup>1</sup>/<sub>2</sub> millimètres à la base. La mèche est une tresse composée de 54 fils de coton.

Chaque bougie a été coupée en trois parties égales et la valeur éclairante de chaque bougie déduite de la moyenne des déterminations faites sur les trois morceaux. La consommation de la bougie pendant l'expérience était déterminée au moyen d'une balance aréomètre d'Elster; on observait le temps nécessaire pour la combustion de 15 grains. La bougie allumée est placée dans le chandelier. On laisse brûler au moins dix minutes avant de commencer l'essai. Lorsqu'elle a pris son état normal, la mèche est légèrement courbée et son extrémité incandescente; la coupe est bien formée. On charge le plateau jusqu'à ce que l'aréomètre porte sur le fond du vase, et on s'assure au moyen d'une mire que la ligne qui joint les centres des flammes à comparer passe par l'axe de l'écran photométrique. La bougie en brûlant devient plus légère et l'aréomètre s'élève dans le vase; au moment où l'index passe sur le zéro de l'échelle on fait partir le compteur à secondes,

et on ramène l'aréomètre à fond de course par l'addition d'un petit poids. Après avoir ajusté l'écran photométrique dans la position correspondant à l'égalité d'éclairement des deux sources, on enlève le poids ajouté et on laisse monter l'aréomètre en notant de minute en minute la position de l'index, ce qui permet de vérifier si la consommation de la bougie est régulière. On note le temps nécessaire à la combustion de 15 grains, puis, après avoir ramené l'aréomètre à fond, on modifie, s'il y a lieu, la position de l'écran photométrique. La moyenne des deux déterminations donne la valeur moyenne de la portion de bougie expérimentée, en fonction de la lampe Carcel. Il ne reste plus qu'à faire les corrections nécessaires pour tenir compte des écarts qui existent entre les consommations réelles de la lampe et de la bougie et celles qui correspondent à la valeur normale de chacun des étalons.

Nous donnons ci-après le tableau des résultats obtenus avec les 36 bougies expérimentées.

Ainsi qu'il a été expliqué précédemment, chacun des chiffres fournis représente la moyenne des déterminations faites sur une bougie.

Numéro de la bougie	Valeur en cercet	Numéro de la bougie	Valeur en cercet	Numéro de la bougie	Valeur en cercet
1	0.119	13	0.118	25	0.121
2	0.108	14	0.126	26	0.127
3	0.120	15	0.124	27	0.118
4	0.114	16	0.125	28	0.113
5	0.116	17	0.115	29	0.121
6	0.106	18	0.122	30	0.124
7	0.130	19	0.126	31	0.119
8	0.132	20	0.102	32	0.114
9	0.107	21	0.125	33	0.122
10	0.128	22	0.120	34	0.120
11	0.112	23	0.130	35	0.122
12	0.120	24	0.123	36	0.125

La valeur moyenne résultant de ces déterminations est de 0.120 cercet normale pour une bougie de spermaceti consommant 120 grains par heure ou une cercet normale 8.33 bougies normales de spermaceti.

La consommation moyenne de la lampe a été de 42 gr. 75 par heure.

La consommation des bougies est restée pendant la durée des expériences comprise dans les limites réglementaires de 114 et 126 grains par heure. La consommation moyenne de toutes les expériences a été de 120 gr. 8. La hauteur moyenne de flammes correspondant à une consommation de 120 grains par heure est de 46 millimètres.



## Bougie allemande

L'association des gaziers allemands a adopté comme bougie photométrique une bougie de paraffine de 6 à la livre, et ayant un diamètre uniforme de 10 millimètres. Le point de fusion de la paraffine employée est de  $55^{\circ}\text{C}$ . La mèche est formée d'une tresse de 25 fils de coton. Un mètre de mèche pèse 668 milligrammes. La valeur éclairante de la bougie se règle d'après la hauteur de la flamme; l'unité correspond à une flamme de 50 millimètres de hauteur. Le Docteur Bunte, président de l'association allemande, a mis gracieusement à notre disposition trois de ces bougies. Les expériences ont été conduites de la même façon que pour les bougies anglaises. La hauteur de la flamme était mesurée au moyen d'un petit échétomètre au moment où on arrêtait la position de l'écran photométrique. La consommation de paraffine était déterminée par l'aéromètre comme précédemment.

Comme nous ne disposions que d'un petit nombre de bougies, nous avons multiplié les déterminations, et les chiffres donnés pour chaque bougie sont la moyenne de neuf expériences.

Bougie n° 1 . . . . .	0. 1343	carcel
— n° 2 . . . . .	0. 1337	"
— n° 3 . . . . .	0. 1327	"

Moyenne 0. 134 carcel pour la bougie normale ayant 50 millimètres de hauteur de flamme.

Une carcel normale veut 7, 5 bougies normales. La valeur la plus faible trouvée dans les essais est 0. 130, la plus haute 0. 135. Cette régularité est remarquable et nous nous proposons de renouveler ces déterminations sur d'autres échantillons pour vérifier si elle est simplement l'effet d'un hasard heureux, ou si elle appartient à une façon constante au type de bougies adopté par les gaziers allemands. La consommation de paraffine a été de 7 gr. 5 par heure en moyenne pour une hauteur de flamme de 50 mm.

### Bougie de Munich

Nous devons également à l'obligeance du Dr. Schilling et du Dr. Bunte d'avoir pu expérimenter les bougies photométriques annexées au traité passé entre la ville de Munich et la Compagnie du gaz.

Ce sont des bougies stéariques : leur forme est légèrement conique : 20 1/2 millimètres de diamètre en haut et 23 millimètres à la base; elles ont 31 centimètres de longueur, le mèche est formée de 50 fils. Elles doivent consommer de 10 gr. 2 à 10 gr. 6 de stéarine à l'heure, sans fumer et sans avoir besoin d'être mouchées.

Les déterminations ont été faites de la même façon que pour les bougies précédentes, en prenant comme bougie normale celle qui consomme 10 gr. 4 de stéarine à l'heure.

Bougie n°1 . . . . .	0.1629 carcel
— n°2 . . . . .	0.1459 "
— n°3 . . . . .	0.1503 "

Moyenne 0.153 carcel pour la bougie normale consommant 10 gr. 4 de stéarine par heure. Un carcel normale vaut donc 6.5 bougies normales de Munich.

La consommation totale de stéarine mesurée pendant les expériences a été de 27 grammes en 2<sup>h</sup> 35' 33", soit en moyenne 10<sup>gr</sup> 41 par heure; la hauteur moyenne de flamme correspondante a été de 55<sup>mm</sup>.

### Bougie de l'étoile

Bien que le carcel soit l'étalon photométrique généralement adopté en France, il existe encore des cas où le litre du gaz est exprimé en bougies stéariques de l'Etoile, et il ést intéressant de rattacher la valeur de cet étalon lumineux à la série des déterminations précédentes.

Lorsqu'on fait usage de la bougie stéarique, on définit l'étalon soit par la consommation de stéarine à l'heure, soit par la hauteur de la flamme.

La consommation des bougies que nous avons expérimentées oscillent autour de



10 grammes 5 l'heure, et la hauteur moyenne de flamme correspondant à cette consommation étant de 52,4 millimètres, nous avons rapporté la valeur des bougies 5 l'une et 5 l'autre de ces quantités.

Nous avons expérimenté trois paquets de bougies de 5 au paquet, et un paquet de 6.

Les bougies de 5 présentent 100 grammes l'une; leurs dimensions sont: longueur totale 0<sup>m</sup>306. Longueur de la partie cylindrique 0<sup>m</sup>290, diamètre en haut 20<sup>mm</sup>, diamètre en bas 22<sup>mm</sup>; la mèche est formée de 81 fils.

Les bougies de six présentent 83 gr. 3 l'une; leurs dimensions sont: longueur totale 0<sup>m</sup>274, longueur de la partie cylindrique 0<sup>m</sup>258; diamètre en haut 20<sup>mm</sup>, diamètre en bas 21<sup>mm</sup>; la mèche est formée de 81 fils.

Le tableau suivant donne la valeur en cercles de chacune des bougies expérimentées, la marche suivie est la même que précédemment.

Tableau

valeur de chaque bougie  
encore et en prenant comme unité

	Consommation de 10 gr. 5 l'heure	Hauteur de flamme de 52.5 mm
<i>Bougies de 5 au paquet</i>		
N <sup>o</sup> 1 . . . . .	0.144	0.140
2 . . . . .	0.139	0.130
3 . . . . .	0.133	0.137
4 . . . . .	0.128	0.127
5 . . . . .	0.142	0.140
6 . . . . .	0.126	0.132
7 . . . . .	0.133	0.133
8 . . . . .	0.132	0.131
9 . . . . .	0.143	0.144
10 . . . . .	0.148	0.146
11 . . . . .	0.136	0.135
12 . . . . .	0.138	0.141
13 . . . . .	0.138	0.139
14 . . . . .	0.133	0.135
15 . . . . .	0.133	0.129
	<hr/>	<hr/>
valeur moyenne . . .	0.136	0.136

*Bougies de 6 au paquet :*

N <sup>o</sup> 1 . . . . .	0.128	0.132
2 . . . . .	0.124	0.130
3 . . . . .	0.131	0.131
4 . . . . .	0.141	0.131
5 . . . . .	0.130	0.134
6 . . . . .	0.134	0.133
	<hr/>	<hr/>
Valeur moyenne	0.131	0.132

D'après ces déterminations le ciret nor-  
male vaut 7,4 bougies de 5 au paquet ou  
7,6 bougies de 6 au paquet, en prenant com-  
me bougie normale celle qui consomme 10 gr.  
de stéarine à l'heure, ou celle qui donne une

flamme de 52,5 millimètres de hauteur.

### Des divers modes employés pour fixer le titre du gaz

Tandis qu'en France on fixe le titre du gaz en stipulant la consommation du gaz nécessaire pour obtenir l'éclat d'une bougie Carcel brûlant 42 grammes d'huile de colza épurée à l'heure, en Angleterre on détermine le nombre de bougies correspondant à une consommation de 5 pieds cubes (147 l. 6) de gaz à l'heure. Le mode du bœ employé pour l'essai du gaz de houille a été établi par M. Suez et désigné sous le nom de London Argand n°1. Les dimensions des divers éléments de ce bœ sont décrites dans l'instruction qui forme les opérations à faire pour contrôler la qualité du gaz de Londres, comme le sont celles du bœ Benzel à 30 trous servant à la vérification du pouvoir éclairant du gaz à Paris. Nous nous sommes procuré un de ces bœs étalons et au cours de nos autres expériences photométriques nous avons déterminé à différentes époques la valeur du gaz de Paris au moyen de ce bœ. La moyenne de ces déterminations nous a donné 1,587 carcel pour 5 pieds cubes de gaz soit 13,1 bougies pour 5 pieds cubes en prenant 1 bougie = 0,12 carcel comme



plus haut.

Les résultats des expériences ont été calculés conformément aux instructions anglaises, c'est à dire en réduisant les volumes de gaz consommés à la pression barométrique de 30 pouces (762 mm) de mercure et à la température de 60° Fahrenheit (15 à 5/9) ou ce qui revient très sensiblement au même à la pression barométrique de 760 mm. et à la température de 15° centigrades. En Allemagne la valeur éclairante du gaz se fixe de la même manière, mais il n'y a pas de bec type comme en Angleterre; en outre on prend comme étalon tantôt la bougie anglaise, tantôt une autre bougie. A Berlin le titre du gaz est déterminé par le nombre de bougies anglaises correspondant à une consommation de 150 litres de gaz à l'heure dans un bec d'Argand. Nous avons expérimenté les bougies et le bec employé à Berlin.

Les bougies sont en spermacète de 6 à la livre; la mèche est une tresse formée de 63 fils. Nous avons trouvé pour la bougie normale consommant 120 grains à l'heure, les valeurs suivantes :

Bougie n°1 . . . . .	0.1181
— n°2 . . . . .	0.1247
— n°3 . . . . .	0.1222

Valeur moyenne d'une bougie 0.121 carcel.

Une carcel normale = 8.26 bougies normales.

La moyenne des déterminations faites au moyen du bec d'Arzand de Berlin a donné 150 litres de gaz = 1,755 carcel ou 14,5 bougies.

### Résumé

En résumant les déterminations précédentes on voit que :

1 bougie normale anglaise consommant 120 grains de spermaceti à l'heure vaut 0.120 carcel normale

1 bougie normale allemande, en paraffine dont la flamme a 50<sup>mm</sup> de hauteur vaut . 0.34 carcel

1 bougie normale de Munich, consommant 10 gr. de stéarine à l'heure vaut . . . . . 0.153 carcel

1 bougie de l'étoile de 5 au paquet consommant 10 gr. de stéarine à l'heure en donnant une flamme de 52.5 millimètres vaut . . 0.136 carcel

1 bougie de l'étoile de 6 au paquet vaut dans les mêmes conditions . . . . . 0.132 carcel

On en déduit pour la valeur de la carcel normale consommant 42 gr. d'huile à l'heure .

8.3 bougies anglaises de spermaceti ;  
7.5 bougies allemandes de paraffine ;  
6.5 bougies stéariques de Munich ;  
7.4 bougies stéariques de l'Etoile de 5 au paquet ;

7.6 bougies stéariques de l'Etoile de 6 au paquet ;

Le gaz dont 105 litres valent 1 carcel est du gaz à 13<sup>1</sup>/<sub>5</sub> bougies suivant l'évaluation anglaise et de 14,5 bougies suivant l'évaluation de Berlin .

Nous n'avons pas besoin d'insister sur les difficultés qu'on éprouve à comparer les résultats et expériences exprimées en unités aussi variées, pas plus que sur l'incertitude qui s'attache à la valeur relative des divers étalons de lumière. Si l'emploi de la bougie présente des avantages au point de vue de la facilité et de la rapidité des mesures, surtout si on rapporte l'unité de lumière à une hauteur de flamme déterminée, il n'en est pas moins avéré que les résultats obtenus ne peuvent être comparables qu'autant qu'ils représentent la moyenne d'un grand nombre de déterminations et on perd d'un côté ce qu'on gagne de l'autre.

La lampe carcel au contraire présente une plus grande constance, mais à la condition qu'on ne néglige aucune des précautions formulées. Le nombre des éléments qui influent sur sa valeur éclairante et sa consommation est d'ailleurs si grande qu'il est bien difficile d'avoir la certitude qu'elle est toujours semblable à elle-même. Elle présente comme les bougies les inconvénients inhérents à l'emploi d'une mèche dont le texte n'est pas toujours le même; enfin pour la lampe comme pour les bougies les variations de composition de la matière grasse peuvent donner lieu à des différences considérables dont la valeur éclairante de



deux poids d'azote de combustibles brûlés dans des conditions qui semblent identiques. Ces inconvénients sont connus de tous ceux qui ont eu à faire des déterminations photométriques. Aussi n'est-il pas surprenant qu'on ait cherché et qu'on cherche encore un étalon de lumière qui reste toujours semblable à lui-même et dont l'usage ne nécessite pas des précautions aussi minutieuses que celui des étalons actuels.

Nous ne parlerons que pour mémoire des études qu'on poursuit pour représenter l'étalon lumineux par un centimètre carré de platine maintenu à son point de fusion. Quel que soit le résultat de ces recherches, il est peu probable que l'étalon ainsi formé se prête directement aux mesures industrielles. On a proposé également de prendre comme étalon une lame de platine de surface déterminée maintenue à l'incandescence par le passage d'un courant électrique constant; mais comme la température qu'on ne peut pas dépasser sans danger est relativement basse, la lumière émise par le platine incandescent est plus rouge que celle des sources lumineuses usuelles; comme d'autre part les précautions à prendre pour que la quantité de lumière émise soit constante, sont très délicates et difficiles à réaliser, l'emploi d'un étalon de cette nature ne pré-

sentent à aucun avantage, pas plus au point de vue de l'exactitude qu'à celui de la simplicité des opérations. Il paraît donc très difficile de représenter l'étalon lumineux d'une manière simple et pratique, autrement que par une flamme.

En France notre regretté collègue M. H. Giroud, et en Angleterre M. Methven ont cherché à représenter l'étalon lumineux au moyen d'une flamme alimentée par le gaz ordinaire, tel qu'il est livré à la consommation.

M. Giroud nous a entretenus l'année dernière des travaux qu'il avait entrepris sur cette question et des résultats qu'il avait obtenus. Il nous a décrit lui-même l'appareil construit pour réaliser cette idée; cet appareil vous est donc connu. Nous l'avons expérimenté au laboratoire et dans les limites où se maintiennent le pouvoir éclairant et la composition du gaz de Paris, il a donné des résultats très satisfaisants.

Le système de M. Methven consiste à prendre comme étalon une partie déterminée de la flamme d'un bec de gaz à verre. Le brûleur employé est le London Argand N°1 de Suess; il est alimenté par du gaz ordinaire; la flamme a 3 pouces (76 mm) de hauteur. Un écran en cuivre fixé près de la cheminée porte une plaque mince d'argent, dans laquelle

on a découpé une fente verticale de 1 pouce de longueur, et de  $\frac{1}{2}$  pouce de largeur ( $25^{\text{mm}}$  sur  $12^{\text{mm}}$ ).

L'écran est disposé de façon d ne laisser au photomètre que la lumière qui traverse la fente.

M. Methven estime que le bec ainsi disposé fournit une quantité constante de lumière égale à celle de deux bougies types, lors même que le titre du gaz qui l'alimente varie entre 15 et 35 bougies. Ce bec a été expérimenté par une commission du Board of Trade, de Londres, concurremment avec d'autres étalons photométriques, et n'a pas fourni des résultats aussi constants que l'espérait l'inventeur. Il résulte de ces expériences qu'on a réussi à obtenir une quantité de lumière constante, lorsque le gaz oscille entre 16 et 18 bougies, mais qu'en dehors de ces limites la valeur lumineuse change. La commission a été d'avis que les limites dans lesquelles le lampé de M. Methven fournit une quantité de lumière constante ne sont pas suffisamment étendues pour un étalon photométrique, mais que lorsque les variations de quantité du gaz n'excèdent pas deux bougies, l'appareil peut être extrêmement utile, à cause de sa simplicité.

D'une façon générale, on conçoit qu'il



n'est pas possible de prendre comme étalon photométrique un bec alimenté par du gaz de composition et de densités variables, puisqu'on ne connaît pas exactement l'influence de ces éléments sur la valeur éclairante de la flamme obtenue. Mais les bacs proposés par M. Giroud et M. Methven peuvent rendre de très grands services dans les recherches photométriques, à la condition qu'on en aura déterminé la valeur, comparativement à l'étalon lui-même. En alimentant ces bacs par du gaz émissif dans le gazomètre du laboratoire au commencement de l'expérience, on dispose d'une source de lumière qui reste constante pendant plusieurs heures, et dont l'emploi n'exige aucune manipulation délicate. C'est un avantage considérable qui fait de ces bacs, notamment de celui de M. Giroud, des auxiliaires précieux pour les recherches photométriques.

### Emploi de l'air carburé pour l'étalon photométrique

Les objections qui ont été faites à l'emploi du gaz comme source lumineuse photométrique cesseraient d'être fondées, si on pouvait avoir un gaz de composition constante. C'est ce qu'a cherché à réaliser M. Vernon-Harcourt, de

handres. La disposition qu'il a imaginée dans ce but a été expérimentée par la Commission du Bord et Trade et a donné des résultats assez satisfaisants pour que cette commission en ait recommandé l'usage. L'étalon proposé par M. Vernon-Harcourt a été réglé de façon à donner, aussi approximativement que possible, la même quantité de lumière qu'une bougie normale de spermacète de valeur moyenne.

Le combustible employé est de l'air carburé au moyen de carbures d'hydrogène volatils extraits du pétrole.

On prépare ce liquide par une distillation fractionnée de la gasoline, préalablement lavée à l'acide sulfurique et à la soude caustique. Ce liquide décanté est distillé quatre fois successivement à  $60^{\circ}$ ,  $55^{\circ}$ ,  $50^{\circ}$ , et une dernière fois à  $50^{\circ}$ . Le produit qu'on obtient se compose d'hydrocarbures de la série  $C_n H_{2n+2}$ , principalement de pentane mélangé avec ses homologues, le tétrane et l'hexane. Son poids spécifique varie entre les limites 0,628 et 0,631 à  $15^{\circ}C$ .

Pour préparer l'air carburé type, on laisse ce liquide se mêler à l'air par diffusion de sa vapeur dans la proportion de 3 pouces cubes de liquide pour 1 pied cube d'air (1 cent. cube de liquide pour 576 cent. cubes d'air) mesuré à la pression atmosphérique de 760 millimètres de mercure et à la température de  $15^{\circ}C$ , ou en rapportant le pentane au volume qu'il occupe

à l'état de vapeur, 10 volumes d'air pour 7 volumes de pentane.

Le gazomètre employé se compose d'une cloche cylindrique de 7 pieds cubes de capacité (environ 200 litres), suspendue et équilibrée dans une cuve annulaire remplie d'eau. Une échelle graduée fixée à la cloche sert à mesurer le volume gazeux. Sur la calotte qui est plane, pour éviter les espaces nuisibles, se trouvent deux tubulures : l'une donne passage à un thermomètre ; dans l'autre est fixé un récipient en verre de forme spéciale.

Pour préparer le mélange, après avoir aspiré dans la cloche 3 pieds cubes d'air mesurés à 760 millimètres et 15°, on remplit de pentane une pipette graduée à robinet qui contient 9 onces cubes jusqu'au trait de jauge.

La pointe de la pipette étant introduite dans la tubulure latérale du vase (en partie plein d'eau), on ouvre le robinet, le pentane s'écoule, monte à la partie supérieure du vase et pénètre dans la cloche par le tube. On chasse les dernières portions du pentane en soufflant légèrement ; lorsque tout le liquide est écoulé, on retire la pipette et on fait passer dans la cloche les dernières portions du pentane, en versant de l'eau par la tubulure latérale. Au bout de cinq à six heures, la diffusion est complète, et le gaz d'une composition homogène ; à ce moment,



le volume gazeux total doit être de 4,05 pieds cubes avec une tolérance de 1% en plus ou en moins.

La vapeur de l'hydrocarbure employé pour carburer l'air doit être très peu soluble dans l'eau, afin que la composition du gaz ne s'altère pas au contact de l'eau du gazomètre. Cette condition exclut l'emploi du gaz oléfiné, de l'éther et de la benzine qui sont assez solubles dans l'eau, tandis que la pentane l'est très peu; 100 volumes d'eau bouillante ne dissolvent que 0,92 volume de vapeur de pentane. Cette solubilité est suffisante pour modifier légèrement la composition du premier gaz préparé dans une cloche sur de l'eau pure, mais après une opération videux, l'eau est saturée, et les écarts de composition du gaz ne peuvent provenir que d'un changement de coefficient de solubilité avec la température, les écarts sont donc extrêmement faibles. — La vapeur de pentane se comporte comme un gaz parfait dans les limites de température et de pression usuelles : le mélange d'air et de vapeur de pentane constitue donc un gaz de composition constante.

Le pentane que nous avons employé pour nos expériences a été préparé par M. M. Deutsch et ses fils; les propriétés physiques du produit qui nous a été livré répondent complètement à la spécification donnée par M. Harcourt.

Le brûleur employé est un bec bougie dont l'orifice a  $\frac{1}{4}$  de pouce de diamètre ( $6\frac{3}{4}$  mm 35); la flamme est réglée à une hauteur  $2\frac{1}{2}$  pouces ( $63\frac{1}{4}$  mm 5).

On a reconnu :

1° Que la composition du liquide peut varier dans certaines limites (densité de 0,628 à 0,631), sans que le pouvoir éclairant de la flamme change ;

2° Que la proportion d'air et de vapeur de pentane peut varier de 3% en dessus ou en dessous de la proportion normale sans que la lumière change ;

3° Que les dimensions du bec et surtout la hauteur de la flamme ont une influence marquée sur la quantité de lumière émise.

Il était donc essentiel de donner au bec des dimensions faciles à reproduire et à vérifier. A cet effet M. Vernon-Harcourt a construit le bec en cuivre jaune, à cause de la facilité avec laquelle il se travaille. L'orifice est circulaire ; il est percé dans une plaque de cuivre de  $12\frac{1}{4}$  mm 7 d'épaisseur et doit avoir  $6\frac{3}{4}$  mm 35 de diamètre. Cette dimension peut être reproduite exactement à  $\frac{1}{50}$  de millimètre près, c'est à dire avec une erreur inférieure à  $\frac{2}{3}$  % de la section totale de l'orifice : on voit qu'il avait intérêt à adopter le diamètre le plus grand possible sans que la flamme devint vacillante.

Le corps du brûleur a 4 pouces de longueur ( $101^{\text{mm}} 6$ ) et un pouce de diamètre extérieur ( $25^{\text{mm}} 4$ ). La hauteur de la flamme est indiquée par un fil de platine horizontal fixe à  $63^{\text{mm}} 5$  au dessus de l'orifice de bec.

L'écoulement du gaz est réglé au moyen d'un robinet à vis micrométrique; la consommation est mesurée par un petit compteur d'expérience dont les indications servent de contrôle à la composition du mélange combustible. Avec un gaz normal, la consommation du bec doit être comprise entre 0,48 et 0,52 pieds cubes à l'heure ( $13^{\text{L}} 6$  à  $14^{\text{L}} 7$ ). Un petit régulateur placé entre le compteur et le bec maintient la pression constante au robinet du bec.

La moyenne des déterminations fidèles sur la valeur de ce bec nous a donné 1 bougie = 0,125 carcel, ou 1 carcel normale = 8 becs bougies.

On voit que le système proposé par M. Harcourt pour représenter l'étalon lumineux constitue un progrès intéressant pour les mesures photométriques industrielles, et si le principe de cette méthode était généralement adopté, il serait facile d'établir expérimentalement un bec étalon représentant une valeur bien déterminée de lumière. C'est ce que nous avons fait pour les besoins du laboratoire en réglant



le bec au dixième de la carcel, afin de simplifier les calculs. Mais comme il serait très important qu'un travail de cette nature eût pour conclusion l'unification des mesures photométriques, il est à désirer que les études à faire dans cette direction soient entreprises avec le concours des expérimentateurs qui se sont occupés plus spécialement de cette question, aussi bien en Angleterre et en Allemagne qu'en France. On arriverait peut-être ainsi à réaliser un étalon international de lumière dont l'emploi permettrait de coordonner et d'exprimer dans un langage compris de tous, les résultats des recherches faites dans les divers pays.

Nous soumettons cette idée au congrès et nous serons heureux si la Société technique veut l'adopter en prenant l'initiative des démarches à faire auprès de nos collègues étrangers pour les inviter à se joindre à nous dans ces études.

Notre Congrès ayant lieu cette année plusieurs semaines avant l'époque fixée pour les réunions des associations anglaise et allemande, il serait possible de profiter de cette circonstance pour les saisir immédiatement de cette question dont la solution est d'intérêt international.

# Éclairage, ventilation et chauffage de la salle royale de l'Opéra à Munich.

Traduction française du "Journal für  
Gasbeleuchtung", extraite du Journal  
de l'éclairage au gaz des 5 et 10 Juillet  
et 5 Août 1887.

Le présent rapport a pour but de fournir  
des renseignements précis sur les transfor-  
-mations et les innovations apportées récem-  
-ment dans les dispositions relatives à l'  
éclairage, à la ventilation et au chauffage d'  
une grande salle de concert à Munich. Les  
résultats obtenus ont pleinement satisfait  
les habitants de Munich et sont de nature  
à rassurer l'industrie gazière.

Il s'agissait de démontrer qu'on peut  
maintenir à une température normale  
dans des locaux aussi fréquentés que le  
sont les salles de théâtre et les concerts  
en faisant coïncider avec l'éclairage au gaz  
une ventilation suffisante, et que les résul-  
-tats atteints sont ainsi plus parfaits et moins  
coûteux que ceux fournis par l'éclairage élec-  
-trique, lorsque celui-ci n'est pas lui-même  
accompagné d'une ventilation simultanée.

La Société du Gaz de Munich n'a pas re-

-culé devant de grands sacrifices pour réaliser cette démonstration, et a fait appel au concours de personnalités marquantes dans chaque branche des questions traitées. Nos dispositions arrêtées en commun ont donné tous les résultats qui avaient été prévus.

L'élévation de la température dans la salle de l'Odéon donne, selon le rapport même de de l'Institut hygiénique, par une salle comble, de bas en haut, une moyenne de  $4^{\circ}$  à  $5^{\circ}$ , pendant que cette même élévation atteignait de  $7^{\circ}$  à  $7^{\circ}$  au théâtre de la Cour Royale cédant à l'électricité.

La proportion d'acide carbonique n'atteint à la salle royale de l'Odéon qu'un maximum de 1,83 pour 1000 volumes, pendant qu'au théâtre de la Cour Royale elle s'élève à 1,859 pour 1000 volumes.

Nous sommes persuadés que, tant dans l'intérêt général, si important à satisfaire, que dans celui de notre industrie, nos travaux d'hygiène trouveront un accueil favorable et un véritable appui près des usines à gaz, et que nous n'aurons plus à entendre parler de chaleur insupportable et d'air vicié dans les lieux publics, et étant désormais à même de les éviter et de lutter ainsi contre notre lumière concurrente, l'électricité.



La salle royale de l'Odéon, à Munich, a été construite par M. Léon Klenze, en 1825. Le premier éclairage dans la grande salle se composait de 7 lustres ayant chacun 20 lampes à huile, soit au total 140 lampes. Ces lustres étaient suspendus à des cordes passant sur des poutres fixées aux solives du toit, de manière à pouvoir être haussés ou baissés. L'orchestre était muni de lampes portatives à huile.

En 1856, on inaugura l'éclairage au gaz. Les lustres à huile furent remplacés par 7 lustres avec chacun 40 becs, soit ensemble 280 becs. Ces lustres au gaz étaient d'une construction très simple; ils se composaient de cercles de fer forgé d'environ 2 mètres et demi de diamètre, auxquels étaient fixées 40 petites appliques. La carcasse du lustre était ornée de mousseline blanche, ce qui donnait à l'appareil l'aspect d'un lustre vieux vénitien. Ces appareils ont été conservés ainsi pendant 20 ans. Enfin en 1876, étant devenus défectueux, on les remplaça par 7 autres lustres en zinc, de forme moderne et gracieuse, chacun de 52 becs, plus par 2 candélabres de 30 becs destinés à l'orchestre, soit donc ensemble par 424 becs.

A l'occasion de cette dernière trans-

formation, on avait proposé de remplacer les lustres par des appareils dit soleils (sonnenbrenner), cette proposition n'eut pas, cependant, de suite, car ils n'auraient pas été en rapport avec la décoration de la salle.

Par suite de l'augmentation de 144 bees de gaz résultant de cette dernière transformation, on reconnut que, pendant les représentations, la température augmentait sensiblement et donnait lieu à des plaintes des spectateurs des galeries.

Par cette transformation, on avait évidemment obtenu un but, l'éclairage plus complet de la salle, mais en revanche cette multiplicité des lumières occasionnait un accroissement de chaleur qui se faisait surtout sentir aux galeries, dont on n'avait pas pensé à modifier la ventilation.

A l'Océon, les évacuations par le système de ventilation étaient disposées comme suit : sur les deux parties longitudinales pourvues de la galerie, il existait trois ouvertures de chaque côté, soit six en tout, et sur la partie nord, une seule munie d'un système mobile pouvant se fermer au besoin. Aussitôt que l'on ouvrait les bouches de ventilation, l'air chaud sortait par les ouvertures supérieures, tandis que l'air froid pénétrait

par la partie inférieure dans la salle ; ceci créait un inconvénient pour les spectateurs. On essaya de l'atténuer en munissant les six ouvertures de plaques mobiles, mais bien que ce changement produisît une certaine amélioration, il ne pût être maintenu en raison du courant d'air qui régnait dans la salle. Lors de ces modifications, on n'avait songé uniquement qu'à donner un courant d'air pour faire disparaître l'air chaud se trouvant dans la salle, sans se préoccuper de l'état dans lequel entrât l'air du dehors.

Antérieurement, le chauffage de la salle de l'Odéon se faisait au moyen de calorifères souterrains, qu'il était nécessaire d'allumer 17 à 18 heures environ avant la représentation.

Tels étaient les agencements qui restèrent jusqu'en Octobre 1886, époque à laquelle eut lieu la transformation générale du système de chauffage, de ventilation et d'éclairage. Les raisons qui décidèrent à faire cette transformation sont les suivantes :

En Novembre 1885, la Chambre des députés avait accordé un crédit de 67,500<sup>f</sup> au ministre compétent, pour faire substituer la lumière électrique à celle du gaz, pour l'éclairage de cette



salle, tout en repoussant un autre crédit demandé pour une nouvelle disposition à donner à la ventilation, on se basant sur ce qu'avec l'éclairage électrique ces mesures ne seraient plus nécessaires.

La Société du gaz de Munich dressa un autre rapport qu'elle fit déposer à la Chambre, afin de protester contre la décision prise par le gouvernement et présenter les arguments suivants :

Le gouvernement pense que le seul moyen d'arriver à faire cesser l'élévation de la température et les courants d'air insupportables qui règnent dans la grande salle de l'Odéon serait d'adopter l'éclairage électrique. Il importe peu à la Société soussignée que son gaz soit consommé pour l'éclairage dans la salle ou qu'il soit employé à actionner les moteurs alors indispensables pour obtenir l'électricité, mais il lui semble que, dans l'intérêt de la salle même, qui est la propriété de l'Etat, il serait prudent d'assûmer de plus près le bien fondé des affirmations annoncées.

Nous croyons pouvoir affirmer que le projet qui a été soumis à la Chambre, et pour l'exécution duquel un crédit vient d'être voté, n'a pas été étudié sous toutes les faces, et nous nous permettons de vous donner la preuve qu'il est possible de re-

médier aux inconvénients que l'on se propose de combattre d'une manière différente et bien moins coûteuse.

Nous n'ignorons pas que, pendant les concerts, la température s'élève, dans la grande salle de l'Odéon, à un degré insupportable, et qu'il faut absolument y remédier. Mais cette élévation provient de deux causes : des boes de gaz, en partie, et de la foule entassée dans les galeries.

On a dit à tort que c'est l'éclairage au gaz seul qui occasionne cette chaleur. Si vous supprimez cet éclairage et que vous le remplacez par l'électricité, vous n'aurez évidemment qu'à déduire la chaleur produite par la combustion du gaz, mais vous n'en aurez pas moins celle d'une salle comble.

La substitution de l'éclairage électrique, en ce qui concerne la température, n'est donc qu'une demi-mesure et une réforme incomplète.

La même observation s'applique au sujet de l'acide carbonique produit par les boes de gaz et par le public.

Si l'on désire une réforme véritable, il faut joindre à l'éclairage électrique une bonne ventilation.

Mais ce même résultat peut être obtenu tout en conservant l'éclairage au gaz, en

ayant soin de donner à la ventilation les proportions convenables.

L'Odéon est construit sur un emplacement isolé de trois côtés, et on n'éprouve, par conséquent, aucune difficulté à y amener assez d'air du dehors.

Il faut aussi obtenir qu'en hiver l'air soit tempéré, ce que l'on peut réaliser à l'aide d'une installation de chauffage perfectionnée. Les nombreuses corniches et les recoins vides que présente la salle de l'Odéon permettront d'y faire une bonne répartition de cet air. Il faut, enfin, une disposition qui permette de recueillir et d'éloigner l'air vicié; ceci se conçoit, sans autre explication.

Dans la salle de l'Odéon, des ouvertures existent déjà dans le plafond, et, en y suspendant des brûleurs à gaz, on obtiendrait un appel d'air, et le courant serait évacué au dehors par des ventilateurs. Par ces dispositions, il sera donc facile de donner à cette grande salle une ventilation qui répondra à tous les besoins.

Pour ne pas nous rapporter à notre seul jugement, nous nous sommes adressés à la maison D. Grove, de Berlin, universellement connue par ses installations de ventilation. Trois théâtres de Berlin, éclairés au gaz, sont dans des conditions hygiéniques excellentes. Elle a, de même, obtenu le premier



prix au concours pour la ventilation et le chauffage du Musée d'histoire naturelle.

Cette maison approuve entièrement notre projet et nous a donné la somme approximative des dépenses, qui s'élèvent à 25,000<sup>f</sup> soit 18,750<sup>f</sup> pour la ventilation et le chauffage et 6,250<sup>f</sup> pour les brûleurs solaires (sonnebrunner) et l'évacuation de l'air vicié.

Il n'est malheureusement pas facile, vu l'urgence, d'établir un devis complet, mais en admettant que l'estimation première soit dépassée de 8,450<sup>f</sup>, il n'en résulterait pas moins encore une économie de 33,850<sup>f</sup>, c'est à dire de la moitié de la somme allouée par la Chambre pour l'installation de l'éclairage électrique seul.

En comparant les deux projets, on voit donc que l'installation de la lumière électrique donnera :

1° Un supplément de dépenses et d'organisation de 33,850 francs.

2° Une dépense journalière plus élevée pour le service de l'éclairage.

3° Le maintien en fonctionnement du système actuel de chauffage reconnu très défectueux.

Tandis qu'avec l'éclairage au gaz et la ventilation combinés, on aura :

1° Une économie d'environ 33,850 francs sur l'installation.

2° Une dépense journalière moindre.

3<sup>e</sup> En plus, des appareils d'éclairage et de ventilation, une organisation convenable pour le chauffage de l'air.

Ces motifs sont certainement assez puissants pour nous permettre d'insister pour l'adoption de notre projet et pour demander que la question soit examinée de nouveau.

La Société du gaz est prête :

1<sup>re</sup> A donner un projet détaillé des travaux, à les exécuter et à mettre le tout en bon fonctionnement ;

2<sup>re</sup> A prouver que, pendant une représentation, avec salle comble, la température de la salle de l'Odéon ne dépassera pas celle de la salle royale de la Cour, qui est éclairée à l'électricité, et qui ne dépasse pas, d'après M. le Professeur Reuleaux, de plus de 7° la température extérieure ;

3<sup>re</sup> A exécuter à ses frais toutes les transformations qui entraîneraient une dépense supérieure au chiffre prévu de 33,750 francs.

La Diète (Landtag) repousse le crédit voté par la Chambre de 67,500 francs pour l'installation des appareils d'éclairage électrique à l'Odéon ; par ce refus la pétition de la Société du gaz se trouvait aussi annulée.

Dans cette situation, la Société du gaz se décide à faire un sacrifice, et après avoir reçu du ministère de l'intérieur l'autorisation de

pourvoir soumettre un projet complet, elle en proposa l'exécution à son compte, ne laissant à la charge de l'Etat que les travaux de construction. Dans ce projet figurait le devis de la maison D. Grove, de Berlin; deux chaudières à vapeur verticales à circulation; avec tous leurs accessoires; un appareil de chauffage par la vapeur, avec nervures en fonte, présentant une surface de chauffe de 435 mètres carrés; les appareils nécessaires comme régulateurs, grillauges et encadrements pour les ouvertures; huit appareils et éclairage dit soleils, avec leurs tuyaux de tirage, un moteur à gaz de la force de quatre chevaux et un ventilateur.

La dépense pour ces fournitures s'élevait à 32,500 francs et les travaux de construction atteignaient 12,815 francs. Le 30 Juillet 1886, un traité fut signé d'un commun accord entre la direction royale et la Compagnie du gaz. Le délai fixé pour l'exécution de ces travaux était de 60 jours, avec facilité de se servir de la salle pendant ce temps. On termina dans le délai prescrit.

Les planches I et II indiquent les travaux exécutés.

Tes coupes sont au nombre de trois; l'une donne la ventilation, l'autre le chauffage et la troisième l'éclairage.



Si nous nous représentons la salle, éclairée et garnie de spectateurs, au moment d'une représentation, nous voyons que l'air chaud et vicié sera appelé à l'extérieur par les brûleurs soléils, tandis que l'air pur et tempéré entrera par les ouvertures ménagées à cet effet. Il va sans dire que le volume d'air pur introduit devra être égal au volume d'air vicié évacué; on devra en outre veiller à ce que :

- 1° L'air introduit soit tempéré en hiver;
- 2° Que les orifices d'évacuation soient disposés de manière à ne pas occasionner de courants d'air;
- 3° Que les refoulements d'air occasionnés par l'ouverture des portes soient évités;
- 4° Que l'air extérieur puisse être introduit pendant l'été.

Les dimensions des orifices et des conduits d'air devraient être telles que l'air de la salle se trouve renouvelé 4 à 5 fois, ce qui donnerait un cube de 40 à 50,000 mètres d'air à déplacer.

La disposition à donner aux conduits dépendrait nécessairement de la disposition de la salle. Les murs qui l'enclavent forment un rectangle de 36 m 60 de longueur sur 22 mètres de largeur à la partie sud. La répartition de l'orchestre forme un demi-cercle qui mesure 16 mètres de

diamètre et derrière celle-ci règnent deux escaliers tournants qui vont du sol jusqu'au toit. Il reste ainsi une chambre de 2 mètres de largeur derrière l'orchestre, sur toute sa longueur, et celle-ci est recouverte par la galerie.

La hauteur du parterre à la galerie est d'environ 8<sup>m</sup> 50 et celle de la salle sous le plafond de 15 mètres, le rez de chaussée se trouve à 7 mètres environ au-dessus du niveau du terrain.

Le sol de la salle repose sur un plancher voûté; transversalement il existe un passage, et la partie nord de ce sous-sol a été louée à des anglais comme chapelle. La partie située au sud sert de magasin pour les décors. Un couloir règne autour de ce sous-sol et correspond par un escalier à la salle et à la galerie. Les recoins se trouvant derrière l'orchestre se prêtaient bien à recevoir les conduites verticales nécessaires; les autres ont été réparties le long des côtés longitudinaux de la salle. Les orifices de ventilation se trouvent donc situés comme suit :

Deux ouvertures de chacune 0<sup>m</sup> 90 en dessous du plafond sont percées dans les murs longitudinaux; deux autres, au-dessus de l'orchestre de chacune 0<sup>m</sup> 70.

Six ouvertures de 0<sup>m</sup> 20 aboutissent à la galerie ont été percées dans la séparation intérieure et huit autres autour de l'orchestre, formant demi-cercle. Ces ouvertures ont été taillées un peu obliquement vers le haut, pour tracer à l'air la direction qu'il doit suivre : autour de l'orchestre, les ouvertures ont pu être ménagées dans des niches recevant les bustes des compositeurs. Toutes ces ouvertures présentent ensemble une surface de 9<sup>m</sup> 2 environ et prennent naissance dans le couloir ou sous-sol régissant tout autour du bâtiment et qui n'avait jamais été utilisé. Le couloir se trouve divisé en trois parties formant de véritables chambres de chauffe.

On a fait construire intérieurement dans le bâtiment, et parallèlement à ce couloir, une murette s'élevant jusqu'à la voûte et formant un canal d'amenée de 2 mètres de largeur sur 5 mètres de hauteur, à sa naissance, et réduit à 1<sup>m</sup> 5 sur 2 mètres à son extrémité. L'air entre dans ce canal par l'extrémité donnant sur le passage, passe par les ouvertures le faisant communiquer avec les chambres de chauffe et se repartit de là dans les conduits verticaux de ventilation qui le mènent à l'intérieur de la salle. Pour faciliter le déplacement de l'air, on a placé à



l'entrée un ventilateur de 1<sup>m</sup> 6 de diamètre, actionné par un moteur à gaz de force de quatre chevaux, et qui donne avec une vitesse de 300 à 400 tours à la minute un volume de 30 à 50,000 mètres cubes d'air.

Le lieu occupé par le moteur est isolé par un mur, qui abrite en même temps les générateurs. Le chauffage se fait par la vapeur. Pour échauffer l'air rotulé par le ventilateur, il existe des tuyaux à ailettes en fonte de fer, au nombre de 152, présentant une surface de 608<sup>m</sup> 2, et qui sont fixés dans les chambres de chauffe. Ces tuyaux forment huit groupes, dont 6 de 20 et 2 de 16, dans lesquels la vapeur entre par le haut, pendant que l'eau condensée retourne vers les chaudières.

La vapeur est produite dans deux chaudières à circulation, de construction américaine, sous une pression ne dépassant pas une demi-atmosphère.

La surface de chauffe de chaque chaudière est de 21<sup>m</sup> 5. Il existe un robinet à soupape de sûreté soudé à un tuyau de 80 mill. de diamètre et de 5 mètres de hauteur. L'eau pouvant, sous une pression anormale, dépasser ce tuyau, une disposition la ramène de nouveau à la

chaudière.

En ce qui concerne l'éclairage de la salle le programme suivant avait été arrêté :

Obtenir dans toute la salle une lumière fixe, et d'une intensité suffisante, tout en ne fatiguant pas les yeux des spectateurs, et disposée de manière à se prêter à l'ensemble de la décoration de la salle. Enfin enlever tout l'air vicié par la combustion du gaz au fur et à mesure de sa production.

Pour réaliser ces conditions, les brûleurs soléils étaient indispensables. L'architecture du plafond exigeait que ces brûleurs fussent au nombre de huit. Ils se composent chacun de 115 petites flammes réparties sur un cercle de 60 centimètres de diamètre et groupées par 5 bocs piqués sur de petits catots, distancés de centre en centre de 50 millimètres. Ils descendent à 1<sup>m</sup>50 en contre bas du plafond. Pour préserver le plafond de la chaleur des bocs, on a posé au dessus de chaque appareil un réflecteur conique double en tôle émaillée, muni d'une cheminée qui vient rejoindre un tuyau de ventilation communiquant avec l'extérieur. L'air vicié de la salle est aspiré par ces foyers et aspire, par de nombreux jours percés dans le plafond tout autour, des cheminées

en tôle de 1 mètre de diamètre, piquées sur ce plat fond.

Les cheminées de ventilation s'élèvent de 1 mètre environ au-dessus du toit et sont munies, à leurs extrémités, de chapeau en fer blanc afin de les protéger contre la pluie et contre le vent. Une trappe mise en mouvement de la galerie par un fil de fer, peut être plus ou moins ouverte, selon les besoins.

Tous appareils de chauffage ont été disposés de manière à ce qu'ils puissent chauffer la salle avant l'allumage des lustres.

Voici du reste le mode de fonctionnement de l'ensemble du système.

Les chaudières étant allumées et en pression, on ouvre le robinet qui conduit la vapeur dans toutes les chambres de chauffe et en même temps les deux portes donnant dans l'orchestre. L'air froid de la salle se dirige alors vers les chambres de chauffe, où il se tempère et suit les conduits verticaux qui le ramènent dans la salle. On laisse cette circulation se produire jusqu'à ce qu'on ait obtenu  $12^{\circ}$ ; alors on ferme les deux portes donnant sur l'orchestre et l'on ouvre la porte en tête du couloir formant canal, contenant le ventilateur, et l'on refoule l'air extérieur dans la chambre de chauffe, jusqu'à ce qu'on ait obtenu dans la salle la température voulue.



L'opération du chauffage de la salle demande de 3 à 8 heures selon la température extérieure.

Environ une demi-heure avant l'ouverture de la salle, on allume les lustres en ne leur donnant que de petites flammes jusqu'à l'arrivée des spectateurs. On ouvre alors les lustres en grand, et en même temps les clés des tuyaux de ventilation.

En été et par les soirées chaudes, on peut ne pas chauffer l'air et on refait l'air à la température extérieure en quantité suffisante pour maintenir la température de la salle constante.

Les premiers essais de cette nouvelle organisation ont été faits les 18 et 29 octobre 1886.

Il a été procédé par M. M. les conseillers, D<sup>r</sup> Pettenkofer et D<sup>r</sup> Renk, directeurs de l'Institut Royal d'hygiène, accompagnés de leurs assesseurs, à des expériences pour déterminer les volumes d'air introduits et la température de la salle et de la galerie, pendant que M. le D<sup>r</sup> Voit déterminait le mode de répartition de la lumière. Nous allons exposer successivement le détail de ces expériences.

## Expériences sur la ventilation par l'appel des brûleurs et par le ventilateur

---

Les expériences exécutées par M le docteur Renk, Privat docent, relativement à la ventilation, soit sous l'action seule des brûleurs, soit avec l'aide du ventilateur, peuvent être résumées comme suit :

Le volume d'air introduit dans la salle varie selon les organes mis en fonction et que nous avons déjà décrits :

1° Les brûleurs dits soleils agissent de deux manières au point de vue de la ventilation. Par le volume d'air qu'ils consomment pour la combustion du gaz et par le volume d'air qu'ils aspirent par l'espace annulaire existant autour de la cheminée des gaz brûlés. En fermant le clapet obstruant l'espace annulaire, on réduit la ventilation au volume d'air nécessaire à la combustion, avec un petit supplément pour l'air entraîné en excès.

2° L'activité du déplacement de l'air dans la salle dépend de son excès de température sur l'atmosphère extérieure. Le chauffage préalable de l'air admis

dans la salle accroît donc la ventilation.

3° Le troisième organe de ventilation est enfin le ventilateur mû par un moteur à gaz, qui refoule l'air dans la salle et qui vient ainsi en aide à l'aspiration.

Ces trois modes de ventilation ont été expérimentés le 28 Octobre 1886. Les huit appareils-soleils étant allumés, les clapets d'appel ouverts, la température de l'intérieur de la salle dépassa celle du dehors sans aucun chauffage préalable de l'air admis; le ventilateur fut ensuite mis en mouvement.

On a procédé dans les deux cas à la détermination de la vitesse de l'air en appliquant des anémomètres à toutes les ouvertures de ventilation, savoir: 22 dans la salle et 6 dans la galerie, afin d'obtenir le volume d'air introduit à l'heure dans la salle

On a ainsi trouvé :

A. Sans ventilateur

Volume d'air introduit dans

la salle . . . . . 14,292 m<sup>3</sup> par h

Volume d'air introduit dans

la galerie . . . . . 12,024

---

Total . . . 26,316 m<sup>3</sup> par h

---



B. Avec le ventilateur.

Volume d'air introduit dans la  
salle . . . . . 18 504 m<sup>3</sup>

Volume d'air introduit dans  
la galerie . . . . . 21 312

---

Total 39 816 m<sup>3</sup> par h.

---

On voit donc qu'avec le ventilateur, il est possible d'augmenter le volume d'air introduit de 50 %.

Les vitesses prises par l'air aux diverses entrées sont indiquées dans les figures 52 et 53 en mètre et par seconde, avec la position de ces entrées dans la salle.

Les chiffres les plus rapprochés du bord donnent les vitesses sous la seule action des brûleurs solaires et les chiffres placés plus en dedans se rapportent aux vitesses sous la double action des brûleurs et du ventilateur.

On remarquera que lorsque les brûleurs agissent seuls, les volumes d'air entrant dans la salle sont plus grands à gauche des spectateurs, soit à l'est de la salle, qu'à droite, et que lorsque le ventilateur fonctionne en même temps, c'est l'inverse qui se produit et les volumes d'air sont alors plus élevés à droite des spectateurs, c'est à dire à l'ouest de la salle.

La vitesse moyenne trouvée, pour l'entrée de l'air par les onze ouvertures de la salle à gauche, le ventilateur ne fonctionnant pas, a été de . . . . . 1<sup>m</sup> 06 par seconde

Au même moment les onze ouvertures de droite ont donné . 0<sup>m</sup> 73 " et les ouvertures de la galerie ont donné :

A gauche . . . . . 1<sup>m</sup> 00 "

A droite . . . . . 0<sup>m</sup> 33 "

Par contre au moment où le ventilateur a été mis en mouvement, les vitesses moyennes sont devenues :

Salle, ouvert. de gauche 1<sup>m</sup> 04 par seconde

" de droite 1<sup>m</sup> 53 "

Galerie, ouvert. de gauche 0<sup>m</sup> 93 "

" de droite 1<sup>m</sup> 33 "

Le ventilateur refoule l'air avec une grande vitesse dans un conduit en forme de fer à cheval<sup>1</sup>. Cette vitesse empêche l'air de monter dans les tuyaux desservant la partie gauche de la salle : il en résulte une dépression dans les conduits d'air verticaux les plus éloignés, de la salle et de la galerie, ainsi que nous l'avons constaté expérimentalement.

La vitesse dans la dernière ouverture de la salle, à gauche, était :

Sans ventilateur . . . . . 1<sup>m</sup>

Avec " . . . . . 0<sup>m</sup>

Dans l'avant-dernière ouverture, la vitesse était :

Sans ventilateur . . . . .  $1^m 2$

Avec ventilateur . . . . .  $1^m 1$

Dans l'ouverture du fond de la galerie, la vitesse était :

Sans ventilateur . . . . .  $1^m 9$

Avec ventilateur . . . . .  $1^m 0$

Du côté droit, au même moment, les vitesses étaient :

Dernière ouvert. sans ventilation  $0^m 7$

„ avec „  $1^m 5$

Avant dernière ouverture :

Sans ventilateur . . . . .  $0^m 9$

Avec „ . . . . .  $1^m 3$

A la galerie, dernière ouverture :

Sans ventilateur . . . . .  $0^m 14$

Avec „ . . . . .  $1^m 1$

En opérant de cette manière, on a trouvé le chiffre de  $40,000^m^3$  pour le volume d'air introduit, à l'heure, dans la salle. Il était bon de savoir si ce chiffre était bien le volume maximum de l'air introduit. L'examen a démontré que chaque fois que les portes s'ouvraient, il se produisait un courant d'air lorsque les espaces voisins communiquaient avec l'escalier principal.

On a même trouvé que la vitesse de l'air, lorsque les portes n'étaient ouvertes qu'au quart,



été la plus forte qu'aux ouvertures de ventilation ; ainsi, on a constaté  $1^m 5$  et  $1^m 8$  par seconde pour la vitesse à ces portes, lorsque les bouches à droite ne donnaient que  $1^m$  et  $1^m 5$ . Cette différence s'explique par le frottement que l'air éprouve dans son passage à travers les conduites débouchant sur les ouvertures de ventilation. Les bees salsires faisaient donc évacuer de la salle un volume d'air supérieur à celui entrant par les orifices de ventilation.

Pour déterminer le volume d'air exactement évacué par les bees salsires, on a appliqué les anémomètres, le 5 Novembre 1886, à l'embouchure des cheminées d'évacuation débouchant sur le toit. Les cheminées présentées, en coupe horizontale, deux types, quatre étaient rectangulaires et quatre circulaires. On a opéré sur une cheminée de chaque type. Voici les résultats :

Avec les clapets ouverts et les robinets des brûleurs ouverts à moitié, les quatre cheminées circulaires ont débité

à l'heure . . . . .  $13,734 m^3$

Dans les mêmes conditions,

les quatre cheminées rectangu-

laires ont débité . . . . .  $14,828 m^3$

---

Total  $28,562 m^3$

---

Fig. 52.

Salle

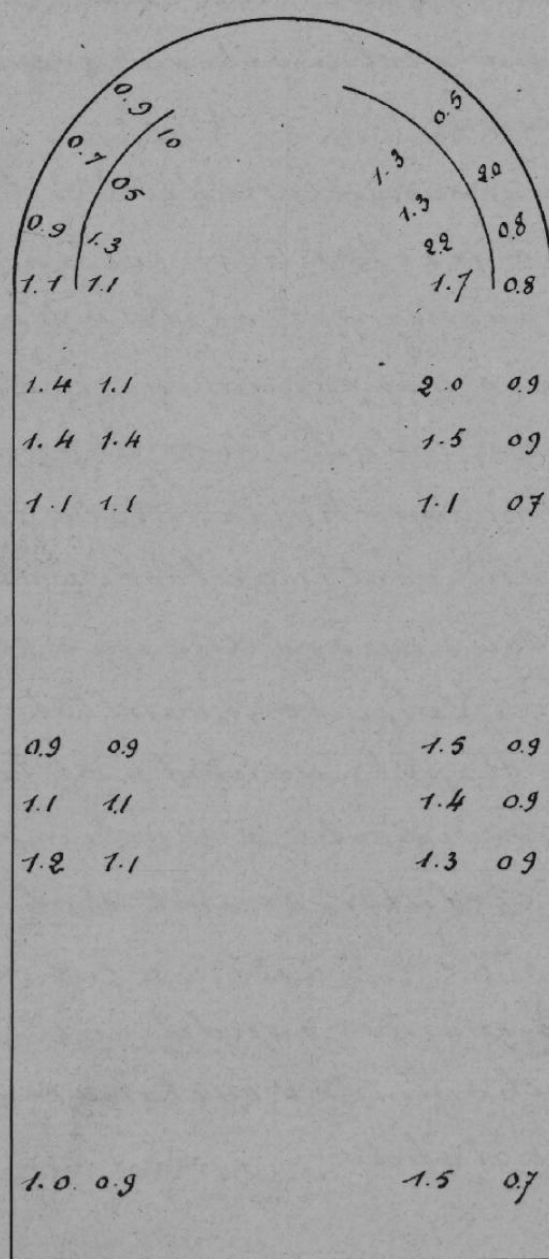
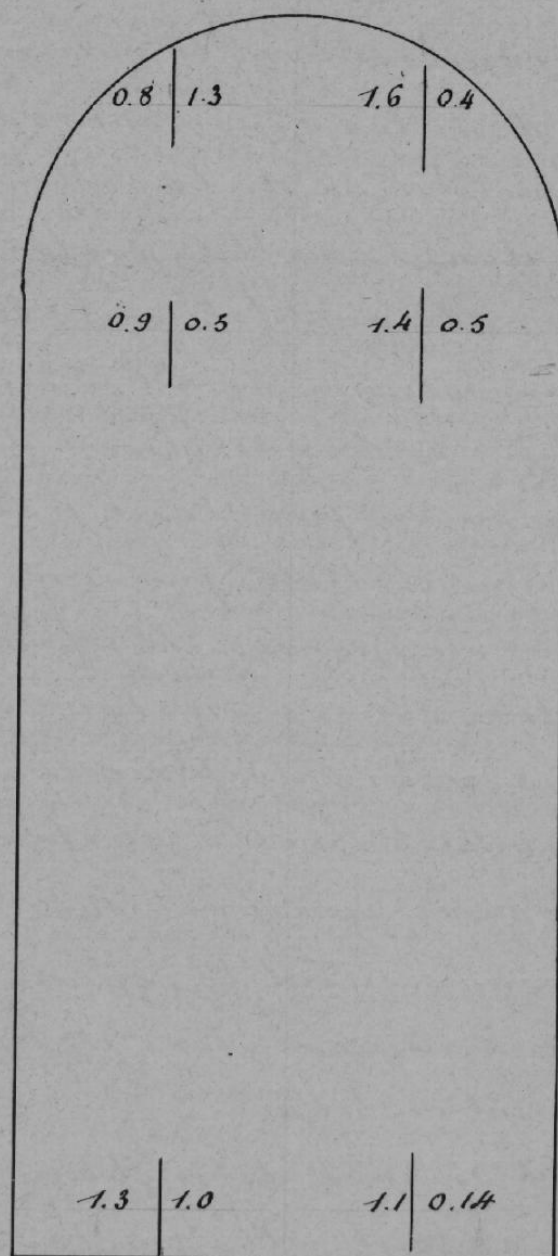


Fig. 53  
Galerie





Avec les bœcs ouverts en plein, les quatre  
cheminées circulaires ont débité à l'heure  
.....  $17,690 \text{ m}^3$

Et quatre cheminées rectan-  
-gulaires .....  $19,016 \text{ m}^3$

---

En total . .  $36,706 \text{ m}^3$

---

Cette dernière quantité peut être considé-  
-rée comme représentant le volume qui  
était évacué dans les expériences du 28 Octo-  
-bre sur la ventilation de la salle.

Il entraît dans la salle, par les ouvertures  
de ventilation (le ventilateur ne fonction-  
-nant pas) un volume de  $26,316 \text{ m}^3$ , alors  
que les quantités évacuées étaient de  $36,706 \text{ m}^3$ .  
La différence qui ne pénétrait pas par les  
conduits de ventilation, parvenait du dehors  
par les portes, les parois, le plancher et  
diverses autres causes analogues.

Cette plus-value de l'air évacué sur le  
volume introduit existe également avec  
les clapets fermés aux bœcs solaires, mais  
en moins grande quantité, comme nous le vons  
pu nous en convaincre, lors des premiers  
concerts qui ont eu lieu.

Pendant l'arrivée du public, les clapets  
sont fermés et toutes les portes de la salle  
sont ouvertes; les espaces adjacents  
communiquent par des portes ouvertes avec

les escaliers principaux du bâtiment, et par ceux-ci de nouveau avec l'extérieur. Il se produisait alors un fort courant d'air, qu'on pouvait éviter, dans ce cas en mettant en mouvement le ventilateur. Celui-ci suffisait pour refouler le supplément d'air apporté par les brûleurs solaires et pour annuler l'action des portes et autres ouvertures ; l'équilibre était établi entre la quantité d'air introduite dans la salle et la quantité d'air évacuée.

Par contre, ceci n'est plus possible lorsque les clapets des brûleurs solaires sont ouverts, ce qui a lieu pendant les concerts. Pour ce motif, il n'était pas possible, pendant les concerts du 1<sup>er</sup> au 10 Novembre, d'ouvrir les portes sans établir un fort courant d'air, et, dans les expériences du 8 Octobre, on a trouvé qu'il existait encore une vitesse de 4<sup>m</sup>5 par seconde pour le courant d'air passant par les portes ouvertes, bien que le ventilateur fut en mouvement.

On conclut de ces observations que l'appel d'air effectué par les brûleurs solaires, les clapets étant ouverts, est le plus puissant des trois facteurs qui influent sur la ventilation, et que pour obtenir le renouvellement de l'air, ces brûleurs sont indispensables.

Il reste encore à savoir si le volume de  $36,706 \text{ m}^3$  évacués par les brûleurs solaires constitue bien le maximum qu'il sera possible d'obtenir de l'installation dans son entier ?

Nous pensons que non.

A plusieurs reprises on a signalé l'effet que produit le ventilateur et on ne peut douter qu'avec son concours le volume d'air évacué ne puisse être augmenté. On ne peut toutefois admettre que l'accroissement du volume évacué sera proportionnel à l'augmentation du volume d'air refoulé par le ventilateur. Nos expériences faites à l'Institut hygiénique tendent à le démontrer.

Suivant différentes expériences exécutées par M. le D<sup>r</sup> Bentzen sur la ventilation dans le grand amphithéâtre de cet Institut, il s'est produit deux cas seulement dans lesquels l'accroissement de l'air évacué a suivi l'accroissement de l'air refoulé.

La moyenne des trois expériences exécutées le 22 Décembre 1883, a donné les résultats suivants :

Le ventilateur étant mis en mouvement et donnant 480 tours par minute, le volume d'air refoulé se trouve être de  $4617 \text{ m}^3$  et le volume d'air évacué de  $3925 \text{ m}^3$ . Lorsque le nombre de tours du ventilateur fut porté



à 720 par minute, le volume d'air refoulé s'éleva à  $5645 \text{ m}^3$  et le volume d'air évacuée à  $4356 \text{ m}^3$ . Ainsi, pendant que la quantité refoulée s'accroissait de 20%, la quantité évacuée ne s'élevait que de 11%.

On ne peut guère se livrer, dans l'état actuel des expériences, à des évaluations sur l'accroissement de volume que la quantité d'air refoulée par le ventilateur, dans la salle de l'Odéon, peut donner au débit de l'air évacuée, mais on peut très bien admettre qu'elle exerce sur ce volume une influence notable et que l'échauffement de l'air aidant, le débit de l'air évacuée, puisse s'élever au chiffre prévu de  $54400 \text{ m}^3$  tout au moins en hiver.

### Détermination de la température

Les opérations décrites ci-dessous s'appliquant à des salles combles. Le 29 octobre dernier, 1650 personnes environ se trouvaient dans la salle de l'Odéon et étaient réparties : 400 dans la galerie et 1,250 dans le reste de la salle. On procéda à la mesure de la température dans 22 endroits différents, de demi-heure en demi-heure; onze thermomètres étaient placés dans la salle et onze dans la galerie.

Les températures indiquées par ces thermomètres ont été inscrites sur les graphiques de la salle N<sup>o</sup> 54 et 55 avec la position occupée par ces instruments.

Les chiffres à gauche du trait vertical séparent les deux groupes de chiffres donnant les relevés de demi-heure en demi-heure, avant l'arrivée des spectateurs. Les chiffres à droite donnent les relevés aux mêmes intervalles de temps, les spectateurs étant entrés.

La température s'éleva, en moyenne, pendant la séance de 1<sup>h</sup> 1/2 :

Dans la salle de . . . . . 3° 72

Dans la galerie de . . . . . 4° 05

Le renouvellement de l'air dans la salle n'était obtenu que par l'action des bords sautoirs et par la différence de température entre l'atmosphère de la salle et l'atmosphère extérieure. L'air introduit n'était pas échauffé préalablement, de sorte qu'il retombait vers le parquet de la salle en produisant un courant d'air qu'on ressentait aussi dans les galeries. C'est pour ne pas augmenter cet effet que le ventilateur ne fut pas mis en mouvement. La température était alors partout au-dessus de 20°, et très sensiblement égale horizontalement et verticalement.

Ce jour-là, la température moyenne à 4<sup>h</sup> 1/2 du soir, avant la représentation, était, dans la salle, de 15° 95 et, dans la galerie, de 16° 78. Après la représentation, à 7<sup>h</sup> 1/2, cette moyenne fut de 21° 4 dans la salle et de 22° 3 dans la galerie.

La différence entre la température de la salle et celle de la galerie n'était donc que de 1°, et ce même écart fut seul constaté pendant les concerts des 1<sup>er</sup> et 10 novembre; il mérite d'être signalé, car il indique l'efficacité de la ventilation et la bonne répartition de l'air frais.

L'élévation de la température dans la salle, au-dessus de la moyenne (20°), ne diffère que de 2 à 3°, ce qui ne pourrait être qualifié d'une hausse insupportable. Nous avons même observé ce jour et pendant les concerts des 1<sup>er</sup> et 10 Novembre que les dames se servaient peu de leurs éventails, et, au contraire, nous avons vu quelques personnes s'envelopper et s'entourer la gorge de foulards, pour se préserver du courant d'air, bien qu'il y ait une température de 23°. On remédie à la suite à cet inconvénient.

### Dosage de l'acide carbonique

Le composé indiquant le plus sûrement le degré de viciation de l'atmosphère dans



Fig. 54

Salle

I		II		I		II	
16.0	17.2			16.0	17.5		
16.0	19.6			16.1	19.9		
16.0	20.4			16.9	20.2		
		16.0	17.7				
		16.0	19.8				
		16.7	20.8				
16.0	17.2			16.0	17.7		
16.0	19.9			16.0	20.2		
16.4	20.8			16.6	21.2		
		16.2	17.7				
		16.1	21.0				
		16.7	22.8				
15.8	17.2			15.7	16.8		
16.0	20.0			15.8	19.6		
16.1	20.6			16.1	21.4		
		16.2	17.8				
		16.3	20.6				
		16.3	21.8				
15.8	17.4			15.8	17.0		
15.8	20.2			15.8	20.4		
16.1	20.8			16.3	21.3		

Fig. 55  
Galerie

I		II	
16.2	17.8	16.6	21.7
16.6	21.7	16.8	22.7
16.8	22.7		
I		II	II
16.8	18.2		
16.8	21.0	16.6	19.2
17.2	23.2	17.6	22.3
		17.7	23.3
		17.0	18.8
		17.2	22.2
		17.7	23.0
17.1	18.2	17.0	18.3
16.8	20.7	17.1	21.6
16.8	22.8	18.0	23.0
		16.4	18.1
		16.6	21.8
		16.8	21.2
17.0	17.9	16.8	18.2
16.8	20.2	17.0	19.9
17.1	21.7	17.3	21.0
16.8	18.3	16.7	18.2
16.8	21.2	16.6	20.2
16.9	21.6	16.9	22.3

les lieux de réunion est l'acide carbonique, aussi avons-nous procédé à son dosage exact dans la salle de l'Odéon, les 28 et 29 octobre.

Dès le premier jour, nous dûmes résoudre la question de savoir si les produits de la combustion des brûleurs-soleils pouvaient se diffuser dans l'atmosphère de la salle. Nos expériences démontrèrent qu'il n'en est rien.

Ainsi, un premier dosage de l'acide carbonique, après deux heures d'éclairage, indiquait que cet acide était dans la proportion de 0.78 p. 0/100 d'air, dans la salle et de 0.66 p. 0/100 dans la galerie.

L'aération avait été produite pendant ce temps par les brûleurs seuls, on mettait en mouvement le ventilateur pendant une heure l'acide carbonique tombait alors dans la proportion de 0.68 p. 0/100, dans la salle et de 0.48 p. 0/100 dans la galerie.

Ces résultats furent obtenus malgré la présence d'une vingtaine de personnes dans la salle, et démontrent bien que son atmosphère ne peut être souillée par les produits de la combustion du système d'éclairage.

Le 29 octobre eurent lieu les expériences destinées à déterminer le degré de vicissitude que peut atteindre l'atmosphère, la salle



étaient comble et le système de ventilation fonctionnant.

Les prises d'essai furent effectuées en six points différents dans la salle et en cinq points dans la galerie. Quatre des résultats constatés ont dû être rejetés.

Les quantités trouvées ont été inscrites par groupes de trois sur les graphiques de la salle, fig. 56 et 57, avec la position occupée par les points de prélèvement, dans la salle et dans la galerie. Les premiers chiffres donnent l'acide carbonique trouvé pour 1,000 volumes d'air, la salle étant vide. Les deuxièmes et troisièmes chiffres donnent ces quantités après trois quarts d'heure et après une heure trois quarts, la salle étant pleine.

La teneur moyenne en acide carbonique était à 4<sup>h</sup> 1/2 du soir :

Dans la salle . . . 0.64 ‰

Dans la galerie . . . 0.85 ‰

À 5<sup>h</sup> 1/2 on ouvrit les portes, et il entra 1630 personnes.

À 6<sup>h</sup> 1/2 la teneur en acide carbonique était :

Dans la salle . . . 1.79 ‰

Dans la galerie . . . 1.61 ‰

À 7<sup>h</sup> 1/2 la teneur en acide carbonique était :

Dans la salle . . . 1.83 ‰

Dans la galerie . . . 1.63 ‰

Ces chiffres sont la moyenne des quantités

Fig. 56

Salle

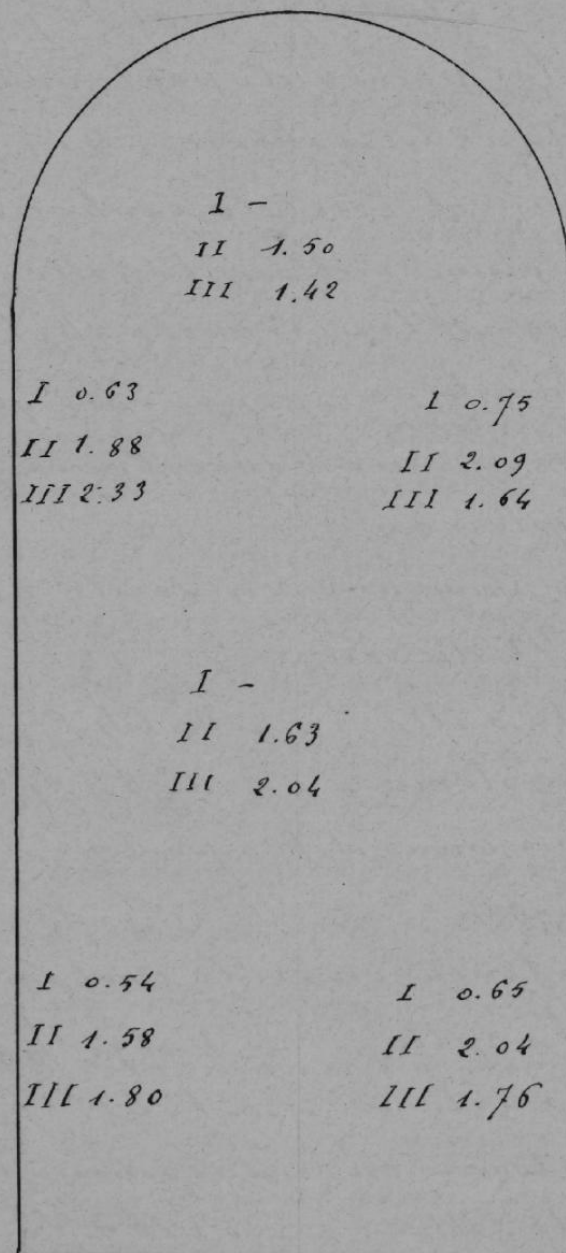
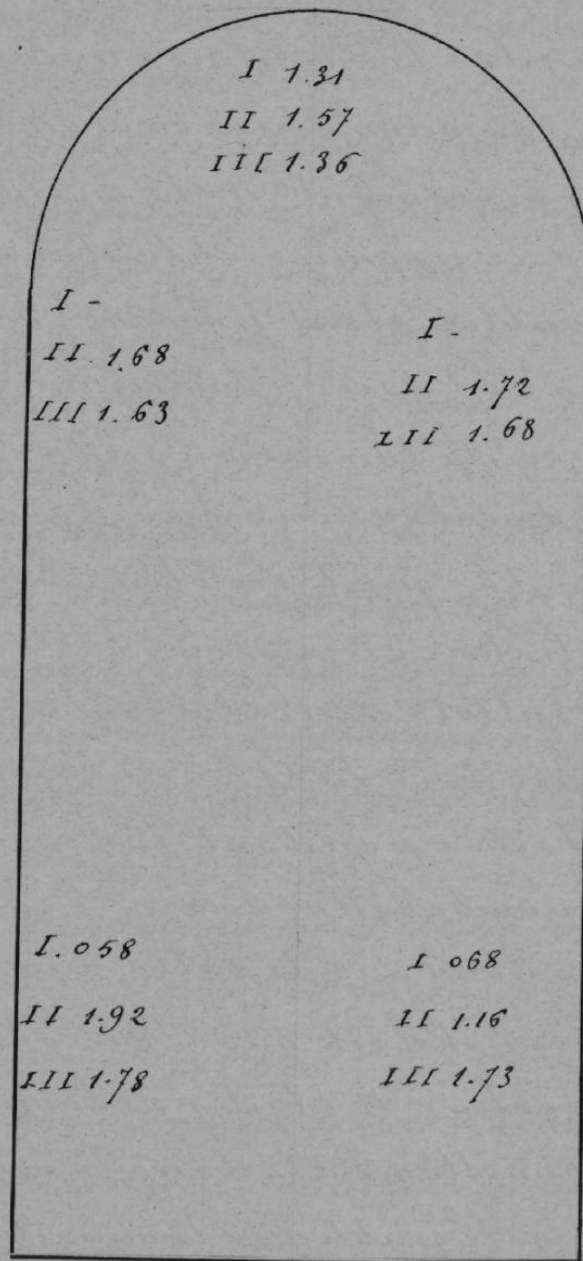


Fig. 57

Galerie





trouvées aux onze points d'observation.

On peut déduire de ces expériences deux conclusions importantes :

1<sup>re</sup> La teneur de l'atmosphère de la salle en acide carbonique n'atteint jamais qu'une valeur insignifiante, 1 p 100 en moyenne et 2 p 100 comme maximum en certains points; ces quantités peuvent être parfaitement tolérées pour des lieux de réunion dans lesquels on ne séjourne que quelques heures.

2<sup>de</sup> L'accroissement de la quantité carbonique entre le premier et le deuxième concert, le public étant présent, est insignifiant et l'on doit faire remarquer qu'il en est de même encore, la teneur en acide carbonique est moindre dans la galerie que dans la salle, ce qui démontre que l'aération est suffisante et bien distribuée.

A ces résultats satisfaisants fournis par les expériences, il faut encore joindre les remarques faites pendant les concerts des 1<sup>er</sup> et 10 Novembre dernier.

En entrant dans la salle vers la fin de la soirée on constatait que l'air était bon et que la température n'était pas trop élevée.

Exceptionnellement, dans la galerie, en des points où le public se trouvait trop serré, il y avait quelques plaintes au sujet de la chaleur éprouvée, mais celle-ci n'était point

due à la température de l'atmosphère, qui n'excédait pas, même en ce lieu,  $22^{\circ}$  à  $23^{\circ}$ , mais au rayonnement des corps des spectateurs trop pressés.

On trouve encore une autre confirmation de la bonne ventilation de la salle dans ce fait que, lors des expériences du 29 Novembre, on avait introduit comme spectateurs une troupe de 1600 soldats portant avec eux l'odeur spéciale des casernes et que l'atmosphère de la salle n'en fut point cependant viciée.

La plainte générale et la seule qui se soit fait entendre 1<sup>er</sup> et 10 Novembre, moins le 10, c'est l'existence de courants d'air dans la salle.

Le 1<sup>er</sup> Novembre on fit entrer d'abord l'air froid, et le chauffage ne fut commencé que vers la fin du concert; il se produisit alors une amélioration, parce que l'air chaud introduit ne retombait plus vers le sol.

Le 10 Novembre tout l'air introduit fut chauffé, de sorte que le courant se faisait bien moins sentir.

Cet inconvénient pourrait être complètement annulé en dirigeant convenablement les divers organes du système. Ainsi, il faudrait ventiler à l'air frais avant l'entrée des spectateurs et n'envoyer

ensuite que de l'air tempéré à partir du commencement de la représentation. Ceci sera, du reste, le sujet de nouvelles expériences.

Pour bien se rendre compte des bienfaits de la nouvelle organisation, il faut comparer les résultats actuellement obtenus avec ceux constatés en 1883, dans la même salle, par M M les conseillers privés : D<sup>r</sup> Peltier-Koten et D<sup>r</sup> Emmerich.

En 1883, l'atmosphère était complètement viciée. Dans l'espace d'une demi-heure, par l'éclairage seul, la température s'élevait, dans la galerie, de  $10^{\circ}40$ . Pendant les essais du 28 Octobre, ce même accroissement de température n'était plus que de 1 et  $2^{\circ}$  selon les points.

En 1883, la température, pendant un concert, passait dans la salle de  $13^{\circ}4$  à  $21^{\circ}5$ , s'élevant donc de  $8^{\circ}1$ , et dans la galerie, elle passait de  $18^{\circ}5$  à  $27^{\circ}5$ , subissant un accroissement de  $9^{\circ}$ . Actuellement cet accroissement n'est plus que de 4 à  $5^{\circ}$ , comme nous l'avons vu, et il n'existe que peu d'écart entre la température de la salle et celle de la galerie.

Au point de vue de la quantité d'acide carbonique, on trouvait, en 1883, dans la



salle, 4, 5 d'acide pour 1,000 d'air, et 5, 5 pour 1,000 dans la galerie. Dans la détermination du 28 octobre dernier, on n'a trouvé, comme nous venons de le voir, que 2 p.  $\%$  d'acide carbonique comme maximum et encore faut-il tenir compte de ce fait que la salle était occupée par 1600 jeunes soldats, qui produisaient certainement plus d'acide carbonique que ne l'eût fait le public ordinaire des concerts, qui se compose en majorité de dames.

Le volume d'air évacué par les orifices supérieurs, mesuré en 1883 par M. le D<sup>r</sup> Emmerich, était de 18,468 mètres cubes par heure. Actuellement, que les brûleurs soient y ont été disposés, l'évacuation est de 40,000 mètres cubes dans le même temps.

Nous sommes donc en droit de conclure que, surtout au point de vue de l'hygiène, la nouvelle organisation a donné des résultats au-dessus de toute espérance.

### Essais photométriques

Par M. le Professeur Voit

Les essais relatifs à la puissance de l'éclairage et à la répartition de la lumière dans la salle Royale de l'Opéra ont été

faits à l'aide du photomètre de Weber.

On a mesuré la lumière reçue horizontalement et verticalement.

Les intensités lumineuses ont été exprimées en bougies-mètre, c'est à dire par le nombre de bougies normales qu'il faudrait placer perpendiculairement à 1 mètre de distance pour obtenir le même éclairement que celui trouvé lors de l'expérience.

Les valeurs ainsi trouvées ont été inscrites dans les graphiques ci-dessous, de la salle et de la galerie, aux points correspondants ou ont été faites les expériences.

Eclairement

Éclairement reçu horizontalement au bourgeois - mètre :

Fig. 58  
Salle

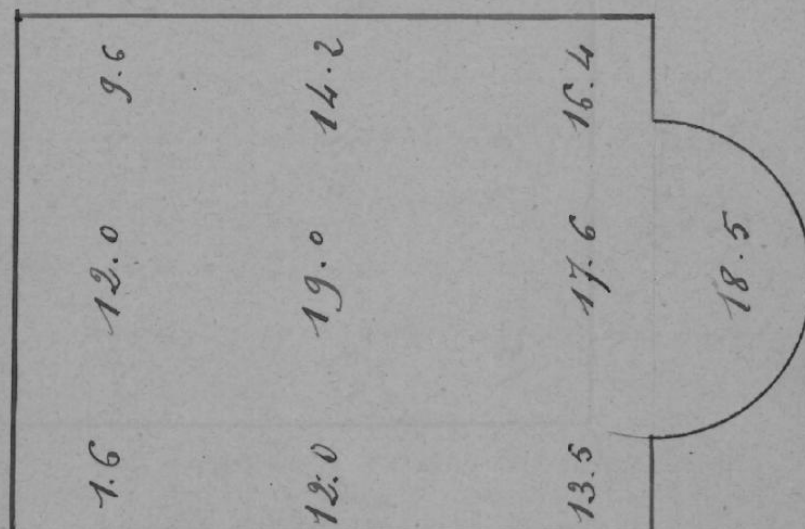
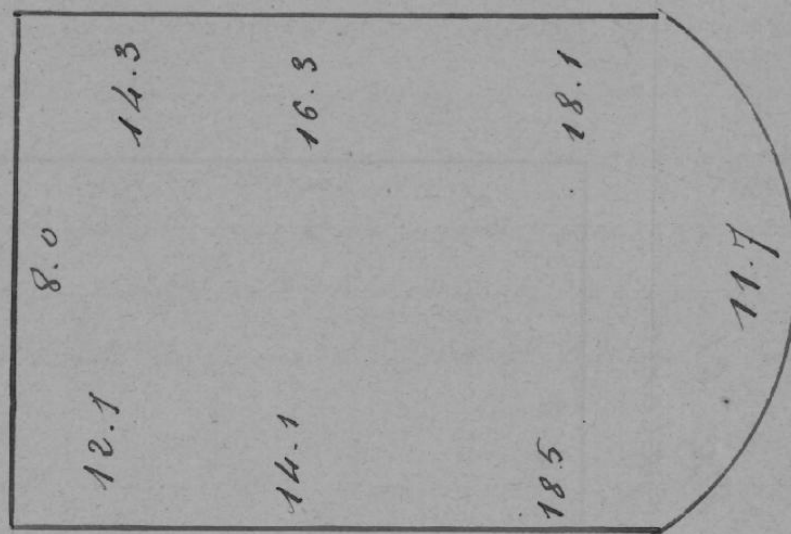


Fig. 59  
Galerie



287



Éclairément reçu verticalement en bougies - mètre :

Fig. 60  
Salle

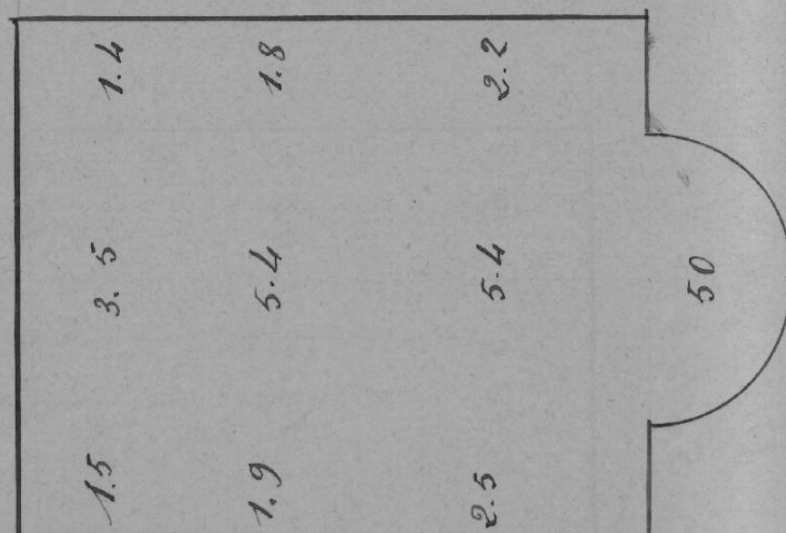
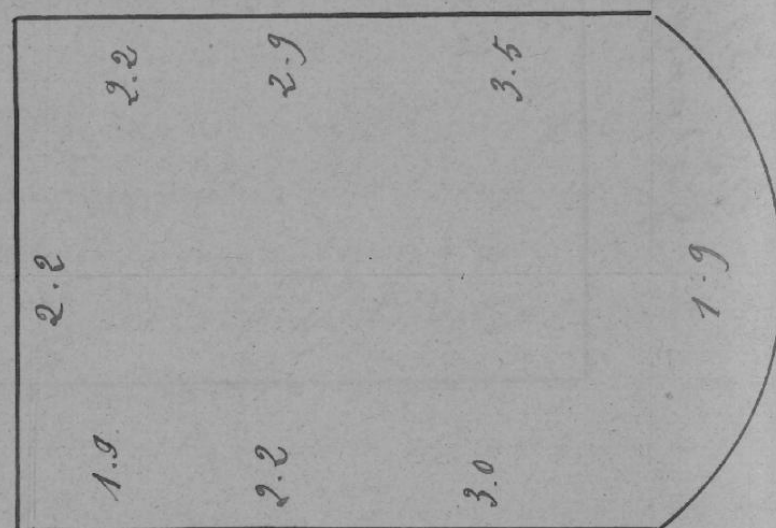


Fig. 61  
Galerie



On voit par ces essais que l'éclairement le plus faible de la salle atteint encore 7,6 bougies-mètre horizontalement, intensité bien suffisante pour permettre de lire sans difficulté. A l'estrade, cette intensité atteint 18,5 bougies. La bougie est également confortablement éclairée et possède une intensité de 8 bougies au minimum.

Il faut encore remarquer que la répartition de la lumière est bonne dans la salle et dans la galerie. Au premier abord, il pourrait paraître surprenant de voir que l'éclairement de la galerie se trouve inférieur à celui de la salle, mais ce fait est dû à la disposition de la galerie même.

La conclusion très simple et très nette à retirer de ces expériences, c'est que l'éclairage de la Salle Royale de l'Odéon peut être considéré comme un modèle. Il eût été intéressant de tenter une comparaison avec une autre salle, comme, par exemple, avec le théâtre éclairé à l'électricité, mais on n'a pu jusqu'à présent entreprendre ces essais.

On peut se rendre compte de l'éclairement de la salle en raisonnant sur les intensités des foyers lumineux.

Supposons que les parois ne réfléchissent pas la lumière et que l'éclairement reçu provienne directement des bees de gaz eux-mêmes, on voit que les 115 flammes réunies au centre des 8 brûleurs-soleils sont susceptibles de développer un certain éclairement, à diverses distances, qu'on peut calculer d'après la loi de Lambert.

D'après les renseignements qui m'ont été fournis, chacun des 8 brûleurs-soleils consomme en gaz 9,5 mètres cubes et chaque flamme dépensant 100 litres fournit une intensité lumineuse de 6,5 bougies.

Nous avons calculé sur ces bases les éclairements pour les mêmes points que ceux ayant servi aux expériences directes, et nous les avons portés dans les graphiques de la salle et de la galerie ci-dessous :



Fig. 62  
Salle

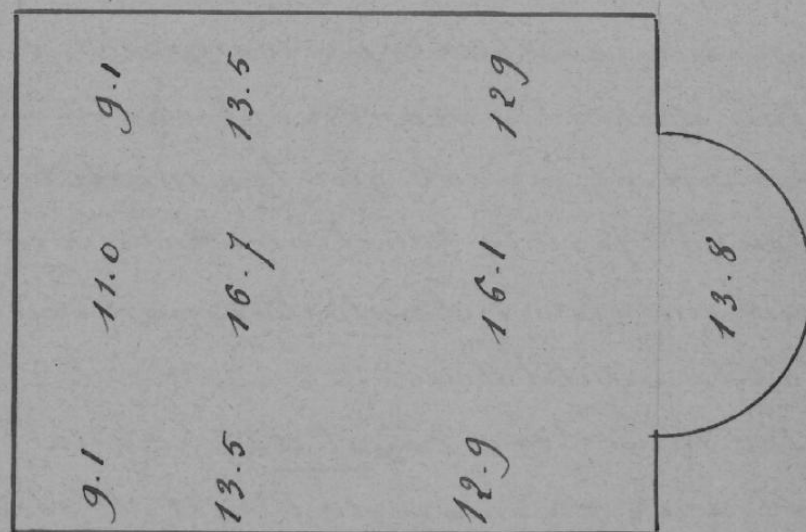
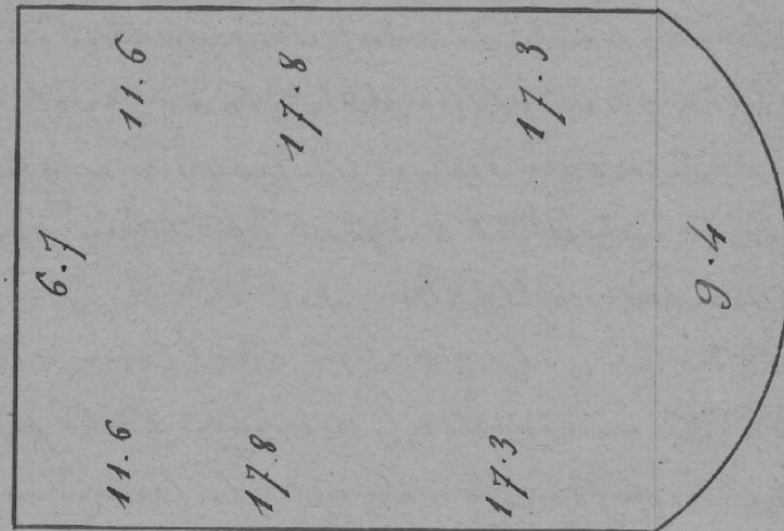


Fig. 63  
Galerie



Si l'on compare les éclaircissements ainsi calculés avec ceux observés, on voit que les intensités concordent suffisamment. Les grandeurs absolues sont un peu moindres pour la salle que celles calculées, soit de 8% environ, ce qui ne peut provenir que de ce que dans le calcul il n'a pas été tenu compte de la lumière réfléchie.

Pour la galerie, les chiffres observés et calculés concordent moins. Cela provient de ce qu'à certains endroits la lumière directe se trouve arrêtée par la présence des colonnes.

Malgré les différences signalées ci-dessus, on voit qu'il est possible par un calcul préalable d'apprécier d'une manière encore assez exacte l'éclaircissement d'une salle.

—

En terminant ce Rapport, nous devons faire remarquer, surtout au point de vue de l'hygiène, que les expériences ont eu lieu aussitôt après l'achèvement de l'installation, c'est-à-dire avant que les modifications indiquées par le fonctionnement journalier aient pu être introduites, particulièrement dans la ventilation.

Le ministère royal des beaux-arts s'est livré à un examen de l'installation au point de vue technique, et la municipalité s'est occupée de la police des incendies; tous deux ont donné leur

approbation à l'ensemble de l'installation, et sur cet avis favorable, le Conservatoire royal de musique a pris l'Odéon en exploitation, en témoignant à la Compagnie du gaz sa reconnaissance par la lettre suivante :

L'Institut d'hygiène, en ce qui concerne l'installation de la salle de l'Odéon au point de vue hygiénique et le ministère des beaux-arts en ce qui concerne l'architecture, s'associent à nous pour venir témoigner leur satisfaction à la Compagnie du gaz de Munich, pour la bonne et très satisfaisante installation exécutée à l'Odéon, sous sa responsabilité, par les soins de la maison D. Croné de Berlin.

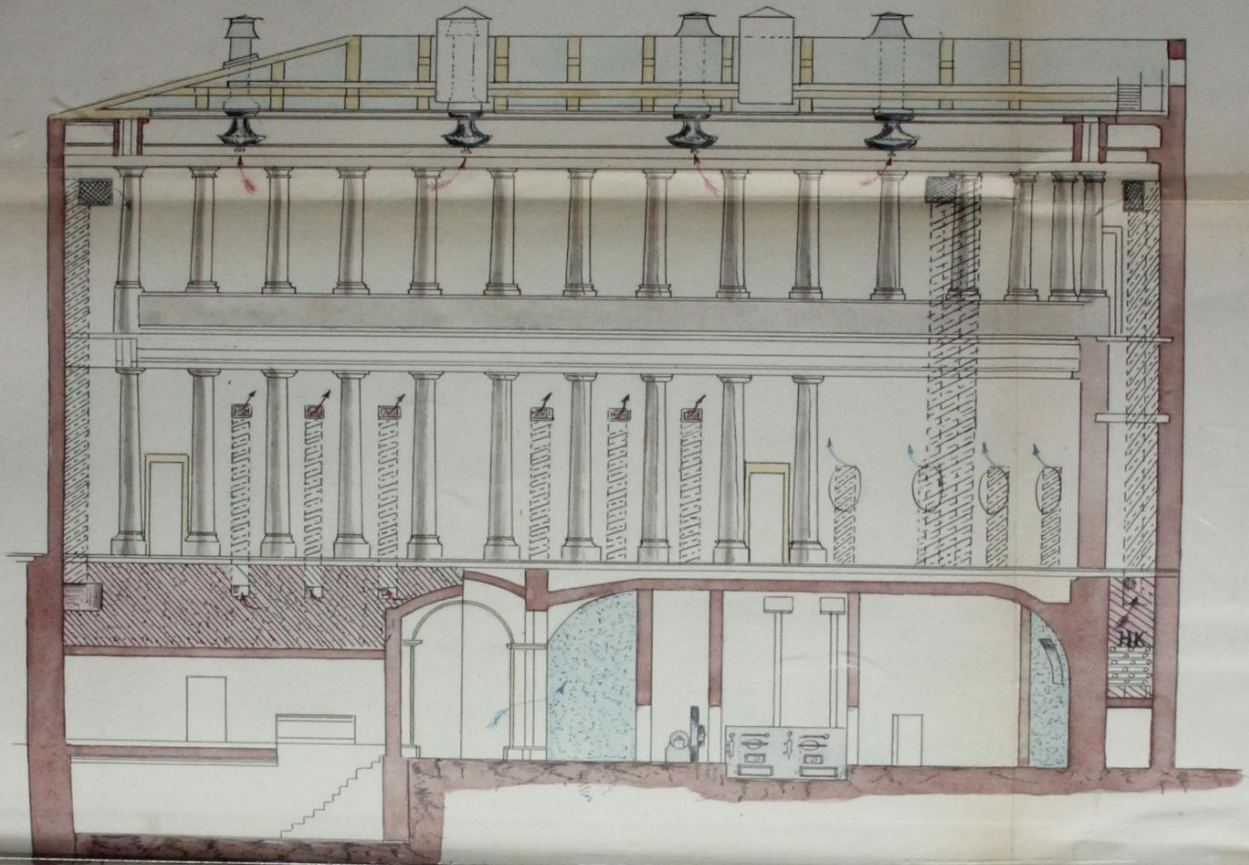
La direction soussignée profite de cette occasion pour remercier spécialement la Compagnie du gaz de son œuvre désintéressée qui aura comme récompense les applaudissements et l'un public qui honorerà de sa présence cette belle salle bien aérée de l'Odéon.

(Traduit du Journal für Gasbeleuchtung)

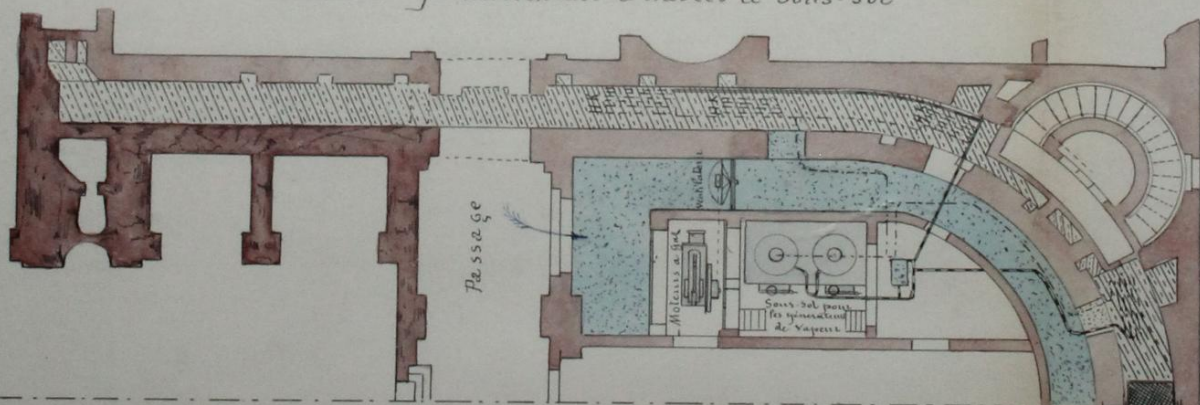


Éclairage, ventilation et chauffage  
de la salle de l'odéon à Munich

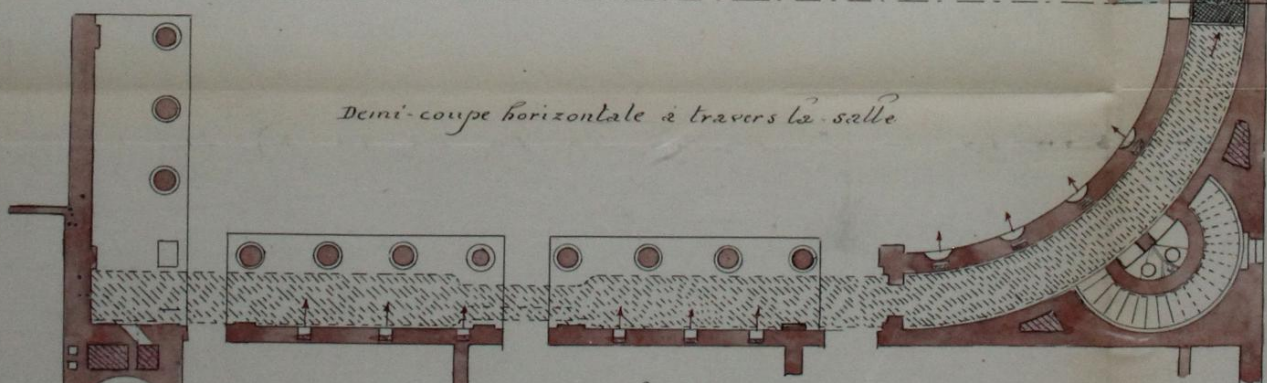
coupe verticale



demi-coupe horizontale à travers le sous-sol



demi-coupe horizontale à travers la salle



~ Légende ~

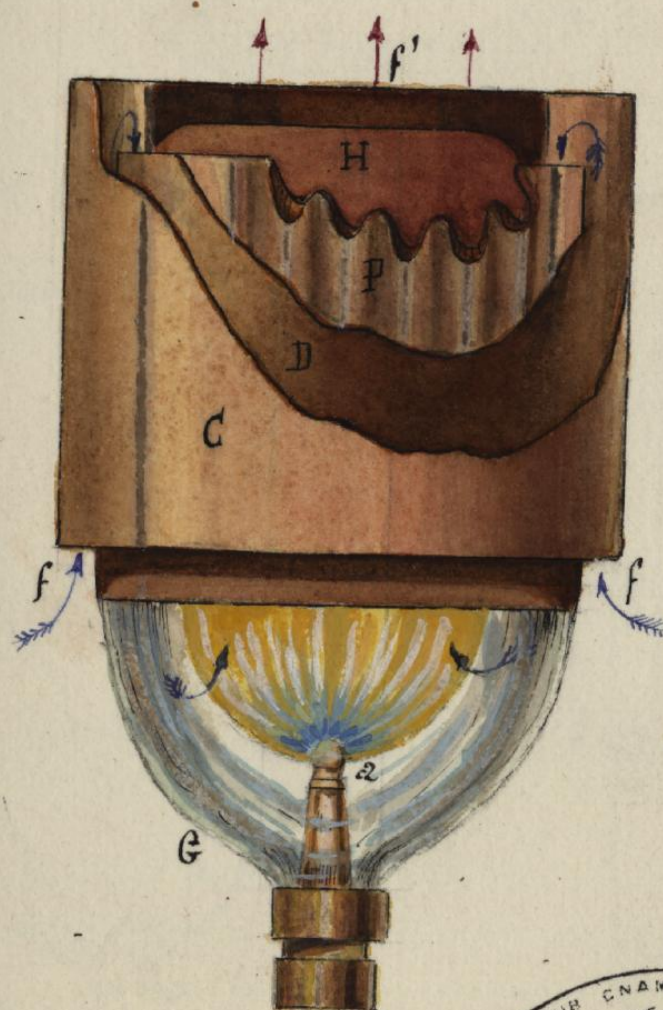
- Conduits de vapeur
- Conduits des eaux de condensation
- Air frais

DU Cnam  
RESERVE



Bec à récupérateur

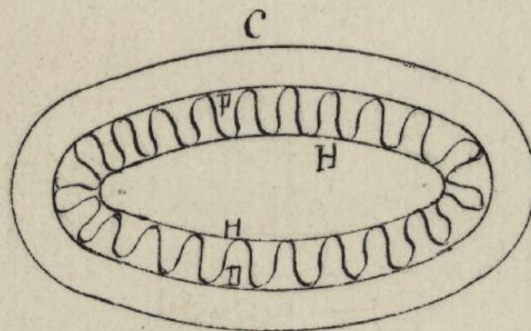
Delmas-Azéma



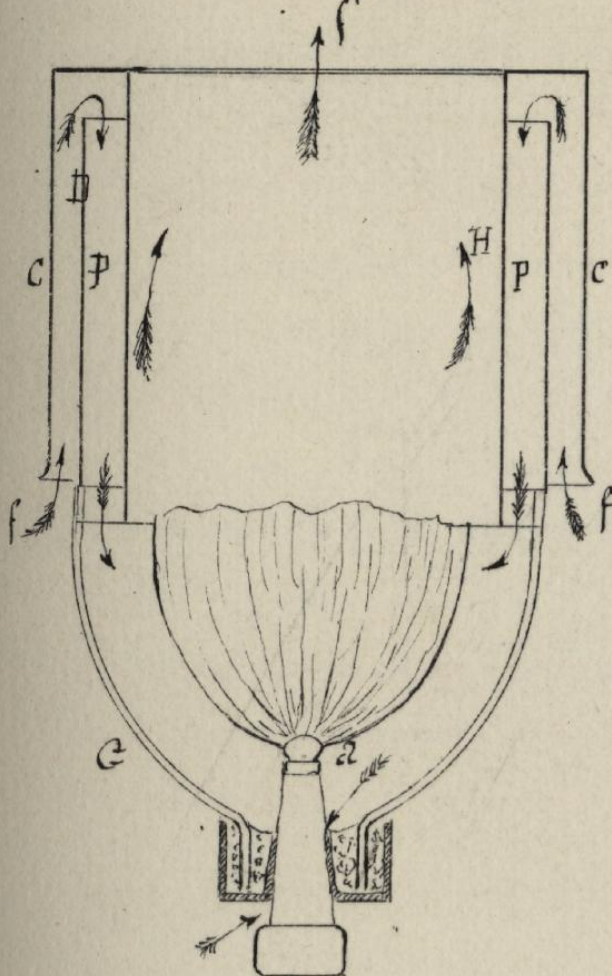




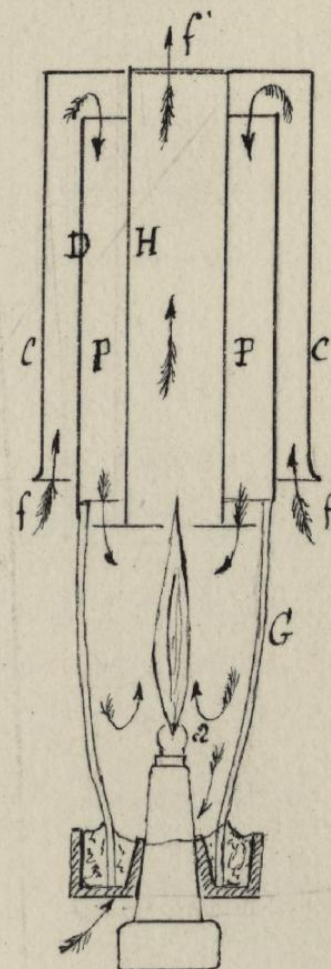
Plan



Vue de Face



Vue de Profil



BIB. CNAM  
RESERVE



# Brûleur Delmas-Azémas

à flamme plate

avec récupérateur de chaleur.

(Extrait de l'ouvrage intitulé : de l'éclairage. Par M. Delmas-Azémas. — St-Quentin 1886

Page 45. — Ayant reconnu depuis longtemps que la divisibilité est le seul moyen d'utiliser théoriquement et pratiquement la lumière par le gaz, nous avons concentré tous nos efforts dans la création de brûleurs économiques à faible dépense, donnant une intensité maximum par l'application des trois conditions énoncées et en appuyant surtout sur la dernière, relative à l'air chaud.

Page 46. — Bec plat ou estaphique. — Le principe de l'introduction de l'air de haut en bas étant mis à usage en pratique, son application aux bacs plats, aux papillons, en a été la conséquence immédiate.

Les Figures w. après représentent le brûleur à flamme plate alimenté avec de l'air chaud.

Le bec ordinaire A, en stéatite, est scellé dans une chandelle en cuivre sur laquelle est placé à frottement un globe ovale C en



cristal ou en verre, dans l'axe duquel s'épanouit la flamme. Sur la partie haute, ouverte et diamétrale de ce globe, repose le récupérateur de chaleur, formant cheminée, composé de deux enveloppes C D entre lesquelles existe une zone par où l'air froid monte suivant les flèches f et commence à s'échauffer; un plissé métallique P, placé entre l'enveloppe D et la cheminée centrale H, forme des canaux par lesquels l'air descend en siphonnant le long des parois intérieures du globe. Cet air remonte en alimentant la flamme et il entre dans la cheminée H pour s'échapper suivant les flèches f', mais non sans avoir d'abord restitué sa chaleur par conductibilité à l'air arrivant du dehors.

Le courant d'air est très faible; le tirage est presque nul et cependant ce courant s'établit rapidement dès l'allumage. La flamme, après quelques oscillations, devient absolument fixe et régulière.

Avec le bec n°1, consommant normalement 85<sup>l</sup> à l'heure de gaz à 105, c'est à dire au titre de Paris, le rendement thermique est de 1 Carcel 350, soit 62 litres par carcel.

Ici encore, les mouvements gaz et air sont différenciés. — L'air qui descend

dans le globe, contre sa paroi intérieure avec une grande vitesse, annule par frottement la poussée du gaz de bas en haut et, lorsque arrivé au fond du globe, cet air change de direction pour stimuler la flamme, il a perdu sa vitesse primitive qui s'est transformée en travail résistant.

Le volume de l'air étant proportionné au volume du gaz, le mélange gazeux s'effectuant à la plus basse pression possible et sous une température très élevée, ce brûleur réunit donc encore les trois conditions essentielles déjà citées.

Les deux systèmes de bacs Delmas peuvent être construits pour les plus petites comme pour les plus grandes dépenses de gaz, sans cesser de bénéficier des mêmes avantages, tout en produisant une économie considérable.

Ces brûleurs s'appliquent également aux éclairages par les huiles, par le gaz et l'air carburés et l'économie qu'ils produisent est d'autant plus grande que les gaz sont plus riches, grâce à la combustion complète de tout le carbone qui est presque toujours en excès dans les flammes de ces gaz, comme le sont généralement les vapeurs hydrocarbonées, lesquelles échappent d'ordinaire à la combustion et

dont la présence se révèle par des odeurs sui generis, dans les locaux éclairés au moyen de gaz riches.

---

*La lumière incandescente  
du D<sup>r</sup> Auer <sup>(1)</sup>*

---

(Extrait du Journal des Usines &  
Gaz du 20 Février 1886)

---

Dernièrement le Poste pharmaceutique, journal paraissant à Vienne, publiait la note suivante :

« On prête depuis quelque temps une légitime attention à une nouvelle méthode d'éclairage découverte par M. le Docteur Auer et qu'il vient de céder pour un million à un consortium de Sociétés anglaises. M. le docteur Auer, qui travaillait avec nous, il y a quelques années, dans le laboratoire de M. le Professeur Bunson, à Heidelberg, où il se livrait particulièrement de l'analyse spectrale, a eu l'obligeance de nous démontrer son nouveau système d'éclairage, tel qu'il l'a établi dans son cabinet de travail, au laboratoire de M. le Professeur Lieben,

---

(1) D'après Gas Belichtung.



à l'université de Vienne, et de nous inviter pour un jour prochain à entendre une explication détaillée de sa découverte. Nous nous bornerons donc provisoirement à communiquer que le principe de cette nouvelle lumière consiste à maintenir à l'ignition, dans la flamme d'un brûleur de Bunsen perfectionné par le Docteur Auer, au moyen d'un fil de platine, une enveloppe (cylindre) qui correspond à peu près au cylindre de chaux dans la lumière Drummond. La composition chimique de cette enveloppe forme le secret de M. le Docteur Auer.

« Nous présumons qu'il s'y trouve des sels et oxydes fixes de différentes terres et de différents métaux particulièrement rares. On fabrique cette enveloppe simplement en imprégnant une étoffe de gaze de la composition en question et en la brûlant : la composition même reste alors comme squelette sous la forme de filet de la gaze, et l'enveloppe se trouve faite. Le prix coûtant d'une telle enveloppe se monte à peu près à un Kreuzer (3 cent. 1/2) et elle peut éclairer pendant mille heures, jusqu'à ce qu'elle soit incrustée par la poussière de l'atmosphère au point que le pouvoir éclairant en souffre. La consommation de gaz pour chauffer l'enveloppe n'est, pour un même pouvoir, que la moitié de celle d'une

Flamme - papillon ordinaire, ce qui donne une économie de gaz de 50 % et la lumière ressemble tout à fait comme à spect (coulour et arté etc) à la lumière électrique. M. le D<sup>r</sup> Auer a cédés les brevets pour tous les à un consortium anglais, à l'exception de l'Autriche-Hongrie et de l'Allemagne pour lesquelles il a réservé les brevets à une Compagnie gazière de Vienne. Nous apprenons que le nouvel institut anatomique de l'Université de Vienne doit être éclairé avec cette nouvelle lumière incandescente, et le devis à cet effet a déjà été soumis au ministère. M. le D<sup>r</sup> Auer s'est d'ailleurs déjà fait un nom par la décomposition du didyme en deux nouveaux éléments : le prosodyme, qui donne des sels verts, et le néodyme qui en donne des rouges, dont il nous a montré de belles préparations. Ces analyses, M. le D<sup>r</sup> Auer de Welsbach, les a également exécutées dans le laboratoire de M. le Professeur Lieben, à Vienne, où il travaille déjà maintenant depuis plusieurs années.

Cette note a fait le tour de la presse et on a de suite dit que la découverte de M. le D<sup>r</sup> Auer allait transformer complètement l'industrie du gaz et qu'elle marquait un progrès immense dans l'éclairage.

Or, il résulte de la note de la Poste pharmaceutique que l'on vient de lire, que la lumière incandescente du Docteur Auër repose sur le fait bien connu qu'un cylindre formé de matières extractives est porté à l'ignition par la flamme d'un bec Bunsen. Les substances dont se compose le corps incandescent sont encore tenues secrètes ; mais des quelques mots, où il est question des travaux de M. le Docteur Auër sur le didyme, l'un des éléments les plus rares qui se rencontrent dans le cérium, on peut déduire que nous avons affaire à un corps incandescent formé d'oxyde cérique, d'oxyde de lanthane ou de didyme ; cette matière exclurait cependant de prime-abord, à cause de sa cherté, toute idée sérieuse d'application sur une grande échelle.

On n'a qu'à se rappeler à ce propos les corps incandescent en terre de zircone, employée, il y a une quinzaine d'années, pendant peu de temps par Tessie du Motay pour l'éclairage au gaz oxyhydrogène. On sait qu'en 1868, Caron a fait des essais avec différentes matières pour arriver à les utiliser comme corps incandescent pour l'éclairage oxyhydrique, auquel on prêtait à ce moment un grand



avenir. Il arriva à la conclusion que le zircone présente de grands avantages sur le chaux et la magnésie, que l'on employait précédemment presque exclusivement, parce que les crayons de zircone ne s'usent pas, ne fondent pas, ne se volatilisent pas et possèdent, pour une consommation de gaz égale, un plus grand pouvoir éclairant (à peu près dans le rapport de 6 à 5).

En Décembre 1868, Tessié du Motay prit un brevet pour la fabrication de ces cylindres de zircone et leur application à l'éclairage par le gaz oxyhydrogène. Les expériences ultérieures ne confirmèrent cependant pas les espérances que l'on avait fondées sur l'emploi de la zircone, car il arriva qu'en égard à la cherté de la matière première, les cylindres d'acide zirconique livrés au commerce durent être faits trop petits (à peu près de la grosseur d'un pois), ce qui affaiblissait sensiblement l'utilisation de la flamme et l'effet de lumière. Le grand pouvoir d'émission de lumière que l'on avait attribué à l'acide zirconique ne semble pas s'être confirmé non plus, de sorte qu'on y renonce bientôt complètement. Dans ces derniers temps, Clamond, Papp et no-

Notamment Fahnehjelm, ce dernier spécialiste -  
 -ment pour le gaz à l'eau, ont fabriqué des  
 corps incandescents qui, autant qu'on peut  
 inférer de la communication encore peu  
 détaillée sur le corps incandescent du Dr  
 Auor, ressemblent à celui-ci, en ce que la  
 matière portée à l'incandescence par la  
 flamme n'est pas compacte, mais consiste  
 en un treillis ou en un peigne de minces  
 lamelles de substance rétractile. Nous  
 ne pouvons provisoirement pas nous éten-  
 -dre plus longuement sur le surplus des  
 communications précédentes; selon  
 toutes les apparences, nous n'avons en-  
 -core affaire qu'à une expérience de labo-  
 -ratoire.

Nous attendrons donc de nouvelles ex-  
 -périences et de plus amples détails; ce  
 qui, cependant, nous paraît dès à présent,  
 assez sûr, malgré tout le bruit fait autour  
 de cette découverte c'est que nous n'avons  
 pas à nous faire d'illusions sur cette pré-  
 -tendue transformation de l'industrie du  
 gaz.

---

*Bec de gaz à incandescence  
du Docteur Auer Von Wolsbach.*

(Extrait du Journal des usines à gaz  
du 5 Avril 1886)

Dans le numéro du 20 Février dernier, nous avons reproduit un article du Journal für Gasbeleuchtung consacré à la lumière incandescente du Docteur Auer.

Nous complétons aujourd'hui nos renseignements en donnant la description et le dessin du nouveau bec, ainsi que les détails essentiels du brevet pris en France par l'inventeur.

Le bec se compose simplement d'un brûleur Bunsen ordinaire, dont l'extrémité se trouve coiffée d'un capuchon en tissu de coton ou de laine ayant subi une préparation spéciale. Ce capuchon, d'une longueur de six à sept centimètres, a une forme légèrement tronconique; il est soutenu au moyen d'un fil de platine qui le traverse à la partie supérieure et se fixe à deux tringles de fer rattachées en haut à un anneau. La plus longue de ces tringles est montée à vis de pression sur un anneau porté par la chandelle du brûleur. Lors-



qu'on allume le bec, il se produit un écoulement considérable de chaleur à l'intérieur du capuchon, qui constitue en quelques secondes un foyer de lumière blanche, remarquable par sa fixité et son éclat.

Quant au pouvoir éclairant et à la consommation de gaz par carcel, nous ne saurions en parler faute d'indications précises. Le prix du bec serait, nous a-t-on dit, de 3 francs, évidemment pour les appareils les plus simples.

Voici d'autre part les revendications que M. le docteur Auer a formulées dans son brevet (N° 172064, 4 Novembre 1885) :

1° L'application dans les brûleurs à gaz d'un corps incandescent formé par la combinaison soit de l'oxyde de lanthane et de la zircone, soit de l'oxyde d'yttrium et de la zircone.

2° Le remplacement des oxydes d'yttrium par une quantité d'erbine exempte d'autres éléments appartenant à ce groupe d'oxydes rares.

3° Le remplacement des oxydes de lanthane par des oxydes dont les éléments appartiennent au groupe des terres rares qui se trouvent dans la cörite.

4° Le remplacement complet ou par

parties des terres de zircone par la magnésine.

5° 4<sup>e</sup> formation d'un tissu de coton ou de laine en forme de tuyau plissé et imprégné d'une solution de nitrate ou acétate, etc, de l'une des combinaisons précédemment désignées, lequel tissu directement carbonisé, laisse comme résidu la terre en forme de tissu d'où résulte sans manipulation spéciale, un ajustage parfait du brûleur avec la matière incandescente.

6° 4<sup>e</sup> emploi d'une forme autre que la forme tubulaire, en ayant soin de renforcer les parties les plus exposées par une solution de nitrate de magnésie et d'alumine.

# Note sur le bec Cromartie

William Sugz

Par Delafollie .<sup>(1)</sup>

Le bec Cromartie - William Sugz est basé sur les mêmes principes que ceux du brûleur Siemens, à savoir :

Augmentation du pouvoir éclairant d'un volume de gaz brûlé par l'élévation au moyen d'air chauffé par les produits mêmes de la combustion ; en un mot, emploi de la récupération de manière à obtenir du gaz le maximum de pouvoir éclairant

Dans ce bec se trouve également réalisé le principe de l'augmentation du pouvoir éclairant par la radiation d'un anneau rétractile porté au rouge.

L'adjonction de cet anneau rétractile a pour but de rendre la flamme fixe et blanche. Cet anneau joue encore le rôle de récupérateur, puisqu'il conserve la chaleur produite par la combustion et la transmet, soit directement à l'air comburant, soit aux parois métalliques du

(1) Extrait du Compte rendu du treizième Congrès de la Société technique de l'industrie du gaz en France des 22, 23 et 24 Juin 1886.



cyindre constituant le récupérateur. On peut dire que c'est grâce à l'emploi de cette matière réfractaire, que le bec Cromartie doit sa supériorité sur tous les appareils à flamme renversée du même genre.

Outre les avantages directs que donnent la récupération et la réduction, la flamme est très restreinte; elle possède donc une qualité si bien mise en évidence dans la communication faite au Congrès dernier par M. Louis Bréittmayer. Nous devons remarquer qu'à l'inverse de beaucoup d'inventeurs, M. Sugoz a réalisé de suite le problème de la bonne utilisation du gaz, en construisant un bec à débit ordinaire, consommant au plus 170 litres et produisant, grâce à certaines modifications récentes, environ quatre cercles.

Donnons rapidement une description de l'appareil, qui peut se diviser en 3 parties bien distinctes (voir pl. ci-jointe):

1° Le brûleur;

2° Le régénérateur;

3° La cheminée d'appel.

1° Brûleur — Le brûleur est constitué par un bec en stéatite, ayant la forme d'une poire; percé de 16 trous tronconiques ayant un diamètre moyen d'environ 1<sup>mm</sup>. — Ce bec est porté par un tube central en cuivre

par lequel arrive le gaz; le diamètre de ce tube, dans l'appareil que nous décrivons, est de 6<sup>1</sup>/<sub>2</sub> m intérieur.

2<sup>e</sup> Régénérateur — Le régénérateur, des plus simple, est essentiellement formé par deux disques en métal percés de 10 trous garnis de tubes cylindriques verticaux, ayant 10<sup>1</sup>/<sub>2</sub> m de diamètre intérieur. Le disque supérieur A porte une douille dans laquelle passe le tube d'arrivée de gaz, et un cylindre concentrique ayant une portée sur laquelle s'appuie le disque inférieur.

L'extrémité de ce cylindre est filetée; on y fixe une bague G supportant la rondelle rétractaire D. — Ce cylindre près de sa portion d'attache avec le disque supérieur porte 10 trous circulaires de 9<sup>1</sup>/<sub>2</sub> m de diamètre placés entre les tubes cylindriques. La plaque inférieure G, d'un diamètre supérieur à la plaque A, est en outre percée de 32 trous de 4<sup>1</sup>/<sub>2</sub> m de diamètre permettant à l'air extérieur, très peu chauffé par le récupérateur, d'entrer dans la coupe en verre.

3<sup>e</sup> Cheminée. — Sur le disque supérieur A est fixée une embase légèrement conique H, portant la cheminée cylindrique I, et au-dessous un manchon en cuivre de

faible épaisseur entourant les 10 tubes du récupérateur et destiné à obvier aux inconvénients des courants d'air. Une enveloppe J, ajourée dans sa partie inférieure et ouverte dans le haut, sert à l'entrée de l'air froid, tout en empêchant le refroidissement des organes du récupérateur.

La flamme est protégée par une coupe en verre K, portée par un anneau mobile autour d'un axe fixé à la platine inférieure G. Au moyen d'un levier à contre-poids et d'un système de bielles, on déplace facilement la coupe, soit pour l'allumage, soit pour le nettoyage.

Le fonctionnement de l'appareil s'opère dans les conditions suivantes : On ouvre la coupe K en manœuvrant simplement le levier, et en même temps, on tourne le robinet et l'arrivée du gaz L, le gaz, passant au régulateur M et de là au bec F, s'enflamme à l'allumoir présenté. Après la fermeture de la coupe et pendant 30 secondes environ, temps nécessaire à l'échappement de l'air, le gaz enflammé se tient de sortir par les tubes cylindriques du récupérateur, s'échappe par les ouvertures d'admission de l'air dans la partie annulaire centrale du récupérateur.

Puis, lorsque les parois métalliques



PL. 86

Lampe Cromartie

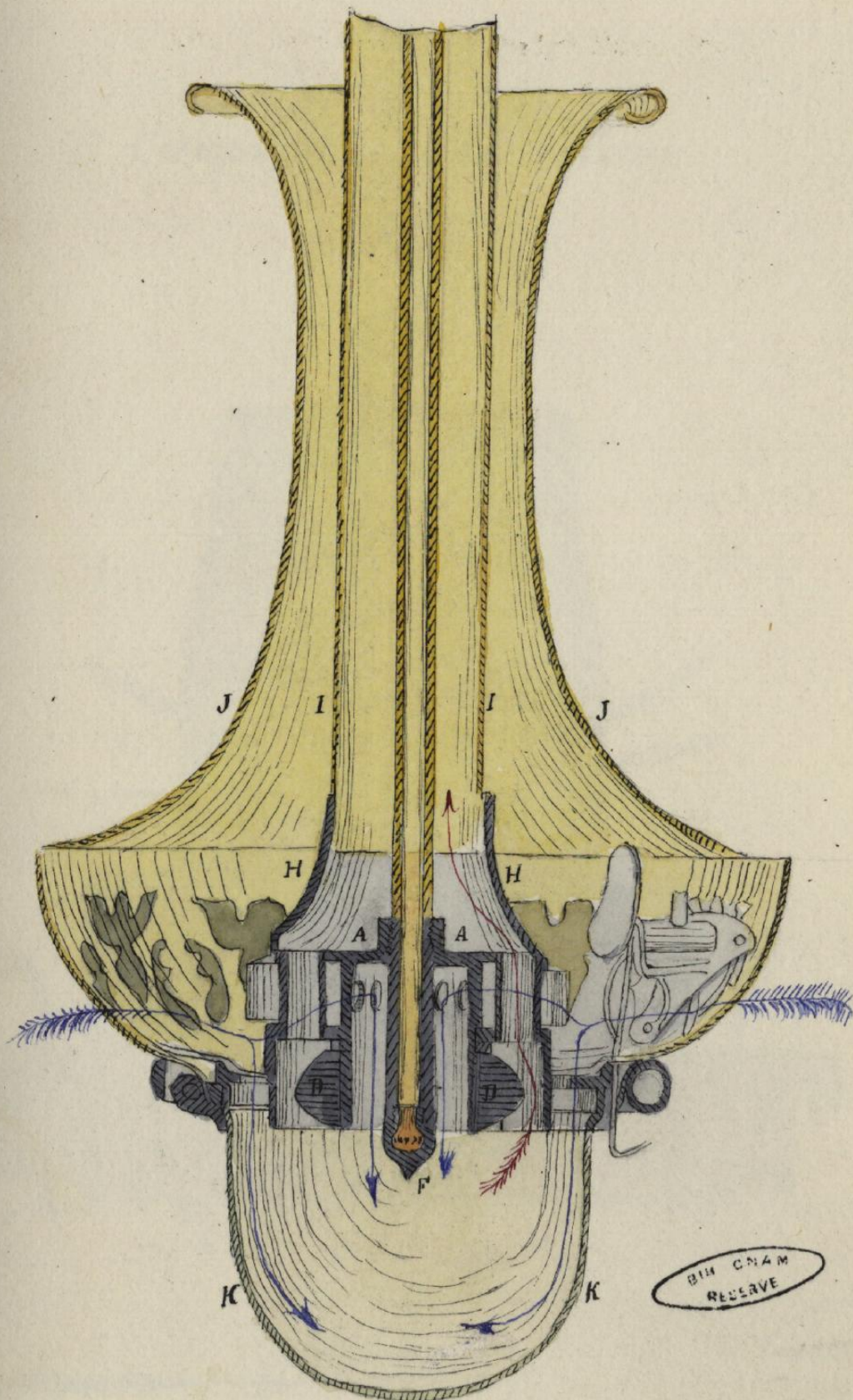
( Sugg )



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires







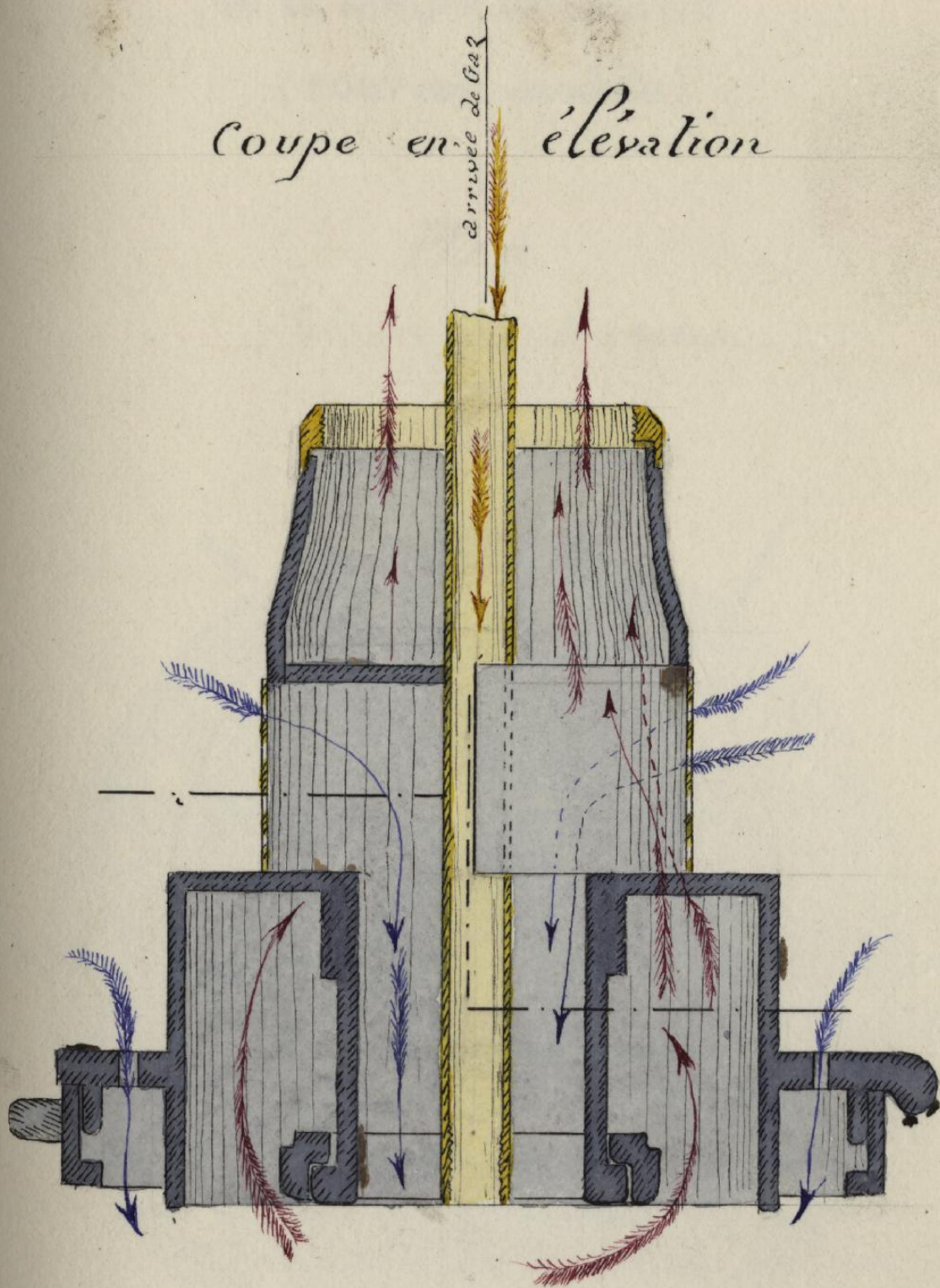




# Recupérateur

PL. 88 de la lampe Gromartie  
(nouveau modèle)

*Coupe en élévation*



air

Produits de combustion

dir. CNAM  
GASERIE

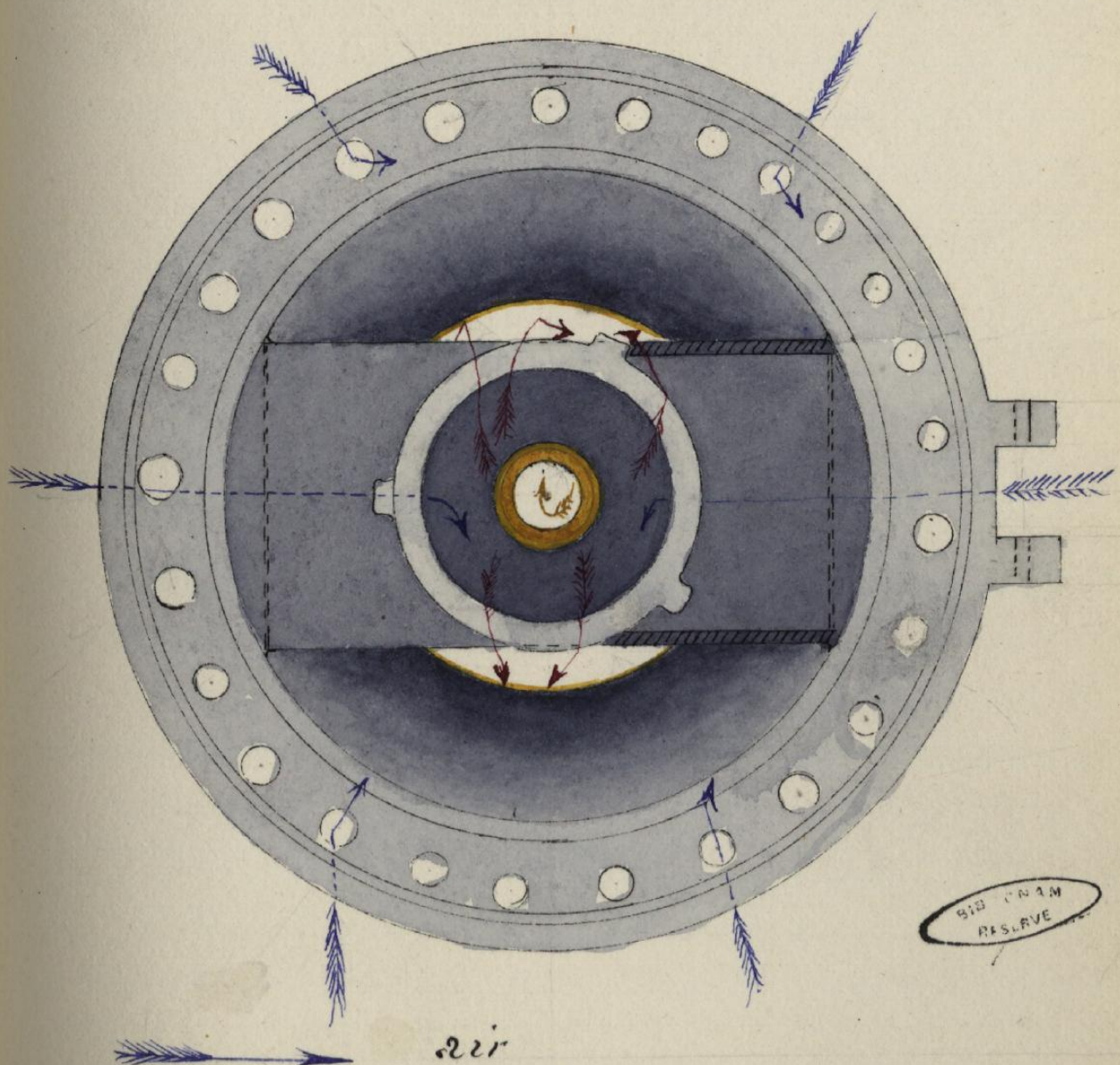




PL. 89

Récupérateur  
de la lampe Cromartie  
( nouveau modèle )

*Plan*  
*- Vue en dessous -*







sont suffisamment échauffés, le gaz enflammé s'étale en une couronne lumineuse sur la rondelle réfractaire.

Les produits de la combustion, après avoir échauffé cette rondelle, passent dans les 10 tubes verticaux et se rendent à la cheminée.

Le cylindre métallique central, par les ouvertures duquel l'air arrive au brûleur, s'échauffe par conductibilité. L'air extérieur pénètre par les ouvertures de l'enveloppe ajourée et se divise en deux courants : le premier passe sur les tubes cylindriques et par les ouvertures du cylindre central s'échauffe au contact de ces parois métalliques et vient produire dans d'excellentes conditions la combustion du gaz ; le second courant, moins chaud que le premier, passe par les 32 trous de la plaque inférieure du récupérateur, vient assurer la combustion complète du gaz et en même temps refroidir la coupe en verre R.

Le maximum de pouvoir éclairant de ce bec est obtenu 10 minutes après son allumage et se maintient constant pendant toute la durée du fonctionnement.

Nous croyons intéressant de donner quelques explications sur le mode d'expé-



rimontation que nous avons suivie dans les divers essais dont les résultats sont consignés dans les six tableaux ci-joints. Le type employé a été d'abord la lampe Carcel, mais à cause des variations très sensibles de l'intensité de cette dernière, nous l'avons, dès le second essai, remplacée par le bec type Giroud.

Le photomètre employé se composait d'une règle horizontale de 4 mètres de longueur; à l'une de ses extrémités se trouvait placé le bec type, à l'autre extrémité un miroir circulaire sur lequel nous faisons tomber, sous diverses incidences, le faisceau lumineux émis par le bec Cromartie. Le centre du miroir et le centre de la flamme du bec Giroud étaient à la même hauteur. Le bec Cromartie était suspendu au dessus du miroir, à une distance horizontale du centre de 0<sup>m</sup>250. On réglait la hauteur au dessus du centre de manière que l'incidence fût successivement de 0°, 20°, 40°, 60°, 75°, 90°.

Cela fait, on déplaçait la caisse du photomètre de façon à égaliser les deux teintes dans le champ éclairé de la lunette; puis on lisait la distance  $l$  au bec Giroud, et par différence, on obtenait la distance  $L$  au bec Cromartie. Pour chaque incidence on calculait du rapport  $(\frac{L}{l})$ .

Il était dès lors facile, connaissant la hauteur  $h$  de chaque zône, d'établir, comme on peut s'en rendre compte par les tableaux, la valeur de l'intensité moyenne sphérique qui donne, et c'est là le point sur lequel nous voulons insister, la valeur lumineuse du bec.

On doit remarquer en effet que l'intensité lumineuse varie dans les becs de ce genre avec l'angle sous lequel on la mesure, l'intensité maximum correspond à un certain angle variable d'un bec à un autre et qui ne dépend que du rayon moyen de la couronne lumineuse et de la largeur de cette couronne.

Dans le bec Cromartie que nous avons expérimenté, cet angle est environ de  $40^\circ$  (Dans le bec Wenham, cette intensité maximum correspond à  $90^\circ$ ). Nos résultats sont donc très différents, suivant celle des deux intensités que l'on considère. Pour chiffrer d'une façon nette et précise ces différences, nous avons dressé le tableau suivant :

Expérience	Dépense	Intensité sphérique moyenne	Intensité sous $40^\circ$	Angle °/°	Dépense par l'essai		Différence °/°
					Intensité sphérique moyenne	Intensité maximum	
N <sup>o</sup> 1	170 <sup>c</sup>	3.680	4.380	19.02	46.20	31.81	15.99
2	165	3.740	4.099	9.59	44.12	40.24	8.79
3	163	3.787	3.952	4.37	43.04	41.24	4.18
4	169.2	3.701	4.331	17.02	45.66	39.06	14.47
5	165	3.800	4.284	12.68	43.42	38.51	11.31
6	164	3.699	4.190	13.30	44.34	39.14	11.73

D'où il résulte que si avant que l'on donne l'intensité moyenne d'un tel bec ou son intensité maximum on a une augmentation de 12.66% en moyenne. Qu'il nous soit permis de conclure que : dans la comparaison des becs à flamme horizontale, le seul chiffre admissible est : l'intensité sphérique moyenne, ou la dépense par heure et par carcel d'intensité moyenne.

### Bec Cromartie - William Suezby Type de 170 litres

#### Essai N°1 — Comparaison à la Carcel

Angles du miroir	Distance du photomètre			Valeur de $(\frac{L}{l})^2$	Valeur moyenne de $(\frac{L}{l})^2$ par zone	Valeur de $(\frac{L}{l})^2 \times h$	Absorption du miroir	Valeur de la Carcel pendant les essais C
	Au type Giroud L	Au bec Cromartie L	Totale T					
0°	1 <sup>m</sup> 770	2 <sup>m</sup> 480	4 <sup>m</sup> 250	1.369	2.369	0.8102		
20	1.600	2.666	4.166	2.776	3.144	0.9464		
40	1.505	2.821	4.326	3.513	3.556	0.7707	10%	Moyenne
60	1.583	2.919	4.502	3.400	3.235	0.3235		0.9952
75	1.808	3.168	4.976	3.070	3.153	0.1072		1.0084
90	1.672	3.009	4.680	3.237				

Consommation par heure 170 litres

Consommation par h° Carcel 46 " 20

Température ambiante 14°6

Pression du gaz . . . 50<sup>mm</sup>

$$\left. \begin{array}{l} \text{Intensité} \\ \text{sphérique} \\ \text{moyenne} \end{array} \right\} 2.958 \times 1.150 \times 0.9952 = 3^e 680$$



## Essai N°2 — Comparaison à l'étalon Giroud

Angles du miroir	Distance du photomètre			Valeurs de $(\frac{L}{T})^2$	Valeurs moyennes de $(\frac{L}{T})^2$ par zone	Valeurs de $(\frac{L}{T})^2 \times h$	Absorption du miroir	Valeurs de la correction pendant les essais
	Au type Giroud L	Au bec Cromartie L <sub>1</sub>	Totale T					
0°	1 <sup>m</sup> .730	2 <sup>m</sup> .520	4 <sup>m</sup> .250	2.122				
20	1.560	2.706	4 <sup>m</sup> .266	3.009	2.565	0.8772	20%	1 <sup>e</sup> .02
40	1.550	2.776	4.326	3.207	3.108	0.9355		Quartile du gaz 67 <sup>m</sup> .5
60	1.627	2.875	4.502	3.123	3.165	0.7058		
75	1.825	3.151	4.976	2.981	3.052	0.3052		
90	1.640	3.040	4.680	3.436	3.208	0.1091		

Consommation par heure 165 litres

Consommation par h<sup>e</sup> correct 44<sup>m</sup>.12

Température ambiante 15°

Pression du gaz . . . 50<sup>m</sup> HgIntensité  
sphérique  
moyenne

$$\left. \begin{array}{l} 2,9328 \times 1,250 \times 1.02 \\ = 36,740 \end{array} \right\}$$

## Essai N°3. — Comparaison à l'étalon Giroud

Angles du miroir	Distance du photomètre			Valeurs de $(\frac{L}{T})^2$	Valeurs moyennes de $(\frac{L}{T})^2$ par zone	Valeurs de $(\frac{L}{T})^2 \times h$	Absorption du miroir	Valeurs de la correction pendant les essais
	Au type Giroud L	Au bec Cromartie L <sub>1</sub>	Totale T					
0°	1 <sup>m</sup> .706	2 <sup>m</sup> .544	4 <sup>m</sup> .250	2.244				
20	1.545	2.721	4.266	3.102	2.663	0.9108	20%	1.02
40	1.567	2.759	4.326	7.100	3.101	0.9334		Quartile du gaz 67 <sup>m</sup> .5
60	1.604	2.898	4.502	3.265	3.181	0.7096		
75	1.837	3.149	4.976	2.970	3.117	0.3817		
90	1.680	3.000	4.680	3.189	3.189	0.1047		

Consommation par heure 163 litres

Consommation par h<sup>e</sup> correct 43<sup>m</sup>.04

Température ambiante 15°3

Pression du gaz . . . 51<sup>m</sup> HgIntensité  
sphérique  
moyenne

$$\left. \begin{array}{l} 2,970 \times 1,250 \times 1^e \\ = 3^e 787. \end{array} \right\}$$

## Essai N° 4 — Comparaison à l'étalon Giroud

Angles du miroir	Distance du photomètre			Valeurs de $(\frac{L}{T})^2$	Valeurs moyennes de $(\frac{L}{T})^2$ par zone	Valeurs de $(\frac{L}{T})^2 \times 1,7$	Absorption du miroir	Valeurs des corrections pendant les essais
	Au type Giroud $L$	au bec Cromwell $L_1$	Totale $T$					
0	1 <sup>m</sup> 710	2 <sup>m</sup> 540	4 <sup>m</sup> 250	2.107	2.558	0.8748		1.02
20	1.560	2.706	3.266	3.009	3.125	0.9046		
40	1.545	2.781	3.240	3.240	3.196	0.7127	20%	Qualité du gaz
60	1.622	2.880	3.153	3.153	3.054	0.3054		67%
75	1.830	3.146	2.956	2.956	3.115	0.1054		
90	1.662	3.018	3.275	3.275				

Consommation par heure 169.2  
 Consommation par litre 45' 66  
 Température ambiante . . 15° 4  
 Pression du gaz . . . . 51%

Intensité  
 sphérique  
 moyenne }  $2,902 \times 1,250 \times 1.02 = 3^{\circ} 701$

## Essai N° 5 — Comparaison à l'étalon Giroud

Angles du miroir	Distance du photomètre			Valeurs de $(\frac{L}{T})^2$	Valeurs moyennes de $(\frac{L}{T})^2$ par zone	Valeurs de $(\frac{L}{T})^2 \times 1,7$	Absorption du miroir	Valeurs des corrections pendant les essais
	Au type Giroud $L$	au bec Cromwell $L_1$	Totale $T$					
0°	1 <sup>m</sup> 710	2 <sup>m</sup> 540	4 <sup>m</sup> 250	2.107	2.558	0.8788		1.02
20	1.650	2.706	4.216	3.009	3.184	0.9584		
40	1.527	2.799	4.326	3.360	3.325	0.7515	20%	Qualité du gaz
60	1.600	2.902	4.502	3.290	3.036	0.3036		67%
75	1.865	3.111	4.976	2.782	2.985	0.1015		
90	1.680	3.000	4.680	3.189				

Consommation par heure 165 litres  
 Consommation par litre 43' 42  
 Température ambiante . . 15° 4  
 Pression du gaz . . . . 43%

Intensité  
 sphérique  
 moyenne }  $2,980 \times 1,250 \times 1.02 = 3^{\circ} 699$

## Essai N°6 — Comparaison à l'étalon Giroud

Angles du miroir	Distance du photomètre			Valeurs		Valeurs de Absorption du miroir	Valeur de la Caractéristique des essais
	au type Giroud $L$	Avec Giroud $L$	Totale $T$	de $(\frac{L}{T})^2$	de par zone $(\frac{L}{T}) \times 10$		
0°	1"725	2"525	4"250	2.143			
20	1.580	2.685	4.265	2.888	2.516	0.8605	1.02
40	1.538	2.788	4.326	3.286	3.087	0.9292	Qualité
60	1.640	2.862	4.502	3.046	3.166	0.7060	du gaz
75	1.817	3.149	5.976	2.970	3.008	0.3008	67 <sup>me</sup>
90	1.684	2.496	4.680	3.165	3.067	0.1043	

Consommation par heure 164 litres

Consommation par h<sup>e</sup> caract. 44<sup>e</sup> 34

Température ambiante . . . 15° 5

Pression du gaz . . . . . 43<sup>me</sup>

Intensité  
sphérique  
moyenne

$2,9008 \times 1,250$   
 $1,02 = 3^e 699$

## Bec à incandescence (1)

Du Docteur Auer Von Weisbach

Depuis plus d'un an, on parle de cette invention à laquelle nous avons déjà consacré plusieurs articles. En France, quelques personnes ont vu fonctionner le nouveau bec, mais seulement dans des laboratoires; quant aux applications, nous n'en connaissons pas encore, et nous sommes

(1) Extrait du Journal des usines à gaz  
du 20 Janvier 1887.



réduits à accepter sur la parole les certificats délivrés par les ingénieurs allemands. Dans ces conditions, en reproduisant la communication suivante de M. J. Pintsch, à la Société des ingénieurs allemands du gaz et de l'eau, nous croyons devoir faire toutes nos réserves sur la valeur pratique du bec à incandescence Auer.

Les assertions de l'auteur auraient besoin d'être confirmées en ce qui concerne : 1° la couleur de la lumière qui, en France, est trouvée bleuâtre et analogue à celle de l'arc voltaïque ; 2° la consommation de gaz par seconde heure après quelques heures de service ; 3° la durée du cylindre incandescent qu'on nous dit être d'une fragilité exceptionnelle ; 4° les manipulations auxquelles donne lieu le remplacement du cylindre incandescent.

Nous croyons que la communication de M. Pintsch inspirera à nos lecteurs de nombreuses réflexions, en attendant qu'ils puissent contrôler sur les bœcs eux-mêmes l'exactitude des éloges qu'on s'est un peu trop pressé de leur décerner.

#### Communication de M. Pintsch

Le bec se compose de trois parties principales : 1° le bec Bunsen ; 2° le porte cylindre avec disposition pour fixer le corps

incandescent, et 3<sup>e</sup> le corps incandescent.

Du brûleur, j'ai peu de chose à dire ; c'est un bec Bunsen ordinaire, auquel j'ai donné une allonge d'une forme et de dimensions déterminées dans la partie supérieure du tube, afin d'éviter la rentrée de la flamme quand on la met bas et d'empêcher le sifflement toujours incommode. Malgré cela, la flamme doit posséder une température aussi élevée que possible pour donner l'effet nécessaire. Le porte cylindre avec disposition pour fixer le corps incandescent est placé sur le brûleur. Le fil, auquel est fixé le corps incandescent, est fixé dans la position voulue au-dessus du bec au moyen d'une vis.

La partie principale du bec Auer est constituée par le corps incandescent : c'est un tissu imprégné de la matière lumineuse (nitrate d'yttrium, cérium, lanthane, etc) et attaché d'un côté par un petit fil de platine et fixé de l'autre au gros fil.

Quant aux avantages que présente ce brûleur sur les becs connus, ils sont très importants :

Toutes les couleurs apparaissent comme à la lumière du jour, et l'on est même, avec le bec Auer, d'obtenir une

lumière du blanc le plus pur au jaune d'or,

La consommation de gaz est réduite à la moitié de l'ancien éclairage; au lieu de 160 litres dans le bec Argand on ne dépense dans le bec Auer que 75 à 80 litres de gaz.

La chaleur est diminuée de plus de moitié par rapport au bec Argand et la flamme ne peut plus du tout donner de noir de fumée, ce qui est d'une grande importance pour les plafonds et les décorations des appartements.

Je n'ai pas fait jusqu'ici de mesures photométriques, vu qu'avec le caractère particulier de cette lumière, le photomètre de Bunsen ordinaire n'est pas suffisant.

Je viens vous esquisser ainsi brièvement les principaux avantages du bec Auer et ils sont bien de nature à consolider, pour l'avenir, le terrain de l'éclairage au gaz. Il ne manquera certainement pas d'arriver que beaucoup de ceux qui emploient aujourd'hui pour leur éclairage le pétrole au lieu de gaz reviendront à ce dernier. Les becs que je vous présente ici sont les premiers qui soient mis dans le public; leur achèvement ou plutôt leur perfectionnement ultérieur ne tardera pas à se produire.



afin de répondre le plus possible à toutes les exigences.

### Instruction pour la disposition du corps incandescent.

Le tissu fixé au fil de platine, qu'il ne faut toucher qu'avec les doigts bien propres, et dont se compose le corps incandescent, doit être manipulé de la manière suivante pour l'allumage :

1. Dans la partie supérieure du porte cylindre incandescent  $\alpha$  qu'il faut d'abord sortir de la corbeille cylindrique  $f$ , se trouvent deux petits trous  $c$ , par lesquels — comme on le voit dans les dessins ci-dessus — on fait passer chaque fois les deux fils minces de platine pour les fixer autour du fil du support  $\alpha$ , en recourbant leurs extrémités. Il faut avoir égard à ce qu'il reste dans le col  $b$ , ainsi attaché, un orifice ayant à peu près la dimension d'un pois. Puis on enlève la corbeille  $f$  du tube  $m-m$  déjà monté auparavant sur un bras, lustre, etc, on la place retournée sur une surface horizontale, comme l'indique la figure, et l'on fixe l'extrémité intérieure du support  $\alpha$  à l'aide de la vis  $h$  dans la corbeille  $f$ . On manipule au surplus le tissu avec les doigts, de façon à ce qu'il prenne une forme cylindrique et qu'il pende librement.

2. On allume ensuite avec une allumette le bord supérieur d du col li b et autant que possible sur tout le tour, et on active on règle sa combustion en soufflant légèrement dessus de haut en bas, si la flamme devait s'éteindre. On se dispense de souffler dès que l'on voit une flamme donnant une lumière mate. Cette flamme atteint, en peu d'instants, le simple tissu qui commence sous le col et se dirige lentement vers le bas, ou atteignant l'extrémité inférieure du tissu, elle éclaire finalement d'une façon plus franche.

S'il se trouvait encore dans le col, etc., du corps incandescent ainsi obtenu, des petites parcelles en ignition, il faudrait attendre leur disparition. Le corps incandescent se compose donc d'une masse incandescente pure et présente ordinairement une surface et une forme ratatinée.

3. Après qu'on a retiré le fil du support a de la corbeille retournée f, on place cette dernière sur le tube m, on y introduit (en b) le fil s et on glisse avec précaution le corps incandescent G sur la pointe en m, jusqu'à ce que son bord inférieur touche l'embouchure supérieure de m.

C'est également avec les doigts que peut se faire le glissement prudent du corps

Il faut toujours veiller à ce que l'orifice de la dimension d'un pois qui existe dans le corps incandescent G, se trouve le plus possible exactement au dessus du centre du porte bec m.

4. Après avoir ouvert le robinet du gaz, on allume celui-ci en haut en d; le corps se stabilisera aussitôt, prendra la forme d'un tuyau presque cylindrique et éclairera en même temps.

Puis on place le cylindre de verre c. En élevant ou baissant et en tournant le fil a, on dispose le corps incandescent G au dessus de la flamme, pour trouver le meilleur effet éclairant et finalement le fil a est fixé au moyen de la vis b. Les inégalités qui pourraient exister dans le corps incandescent disparaîtront au bout de quelques temps par le fait que la flamme, sans autre aide, lui donnera la forme voulue.

Le plus grand pouvoir éclairant du corps incandescent se développe lorsqu'il est au début de son emploi, au bout de quelques heures, et il peut alors de nouveau être procédé à une dernière disposition exacte du corps par rapport à la flamme. Après cela, le corps incandescent fonctionnera tranquillement, et sans qu'on ait besoin d'y toucher de nouveau, pendant une année ou allumant pendant la durée d'emploi.



ordinaire -

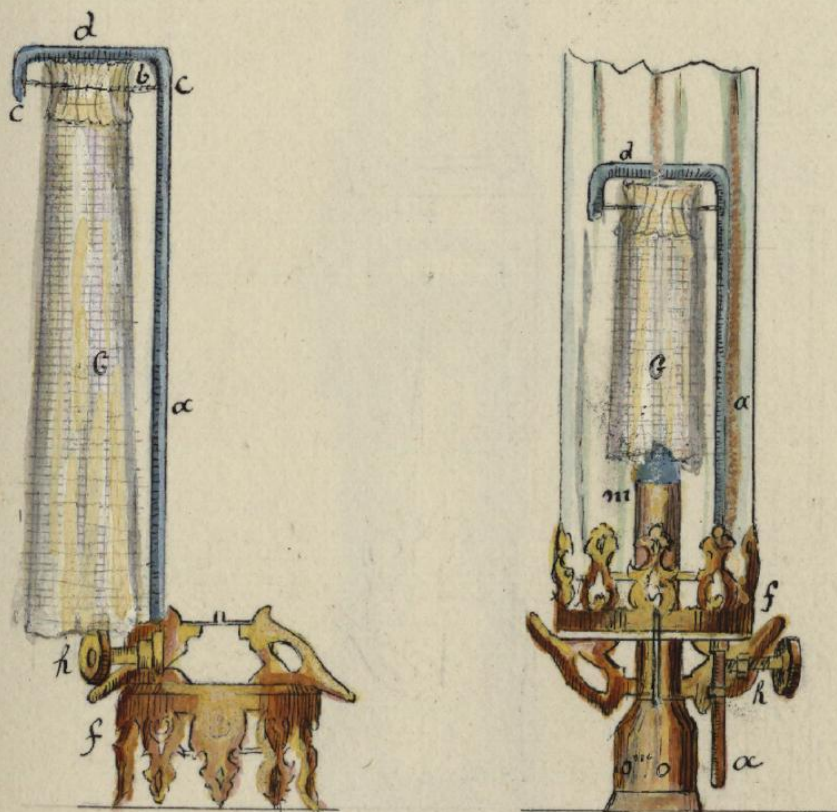
5. On peut allumer chaque fois sa flamme comme d'habitude, par le haut, mais aussi par en bas, à travers la corbeille du cylindre. Toutefois, l'allumage par le haut est préférable parce qu'on maintient mieux ainsi la propreté de la cheminée de verre, qui, d'ailleurs, avec l'emploi de ce bec, reste bien plus longtemps propre qu'avec les autres brûleurs.

Bien que l'instruction qui précède fasse paraître la manipulation du corps incandescent un peu compliquée, on reconnaît, dès que l'on aura préparé un corps et disposé une flamme d'après ces prescriptions, que toute cette manipulation est très facile.

Avant de passer un bec à lumière incandescente, il convient de laisser échapper le gaz librement pendant quelques secondes en ouvrant en plein le robinet de la conduite, afin de faire partir de celle-ci les parcelles de rouille qui auraient pu s'y déposer.

---

Bec à incandescence  
(ancien modèle)  
du Docteur Auer



BIS CNAM  
RESERVE





PL. 91

Bec à incandescence  
( nouveau modèle )  
du Docteur Auer



RID. CNAM  
RESERVE





# Pièces composant le bec à incandescence

*Cheminée*

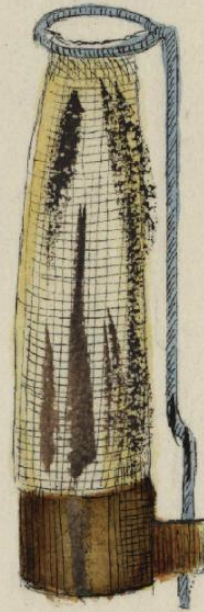
( nouveau modèle )

du Docteur Auer

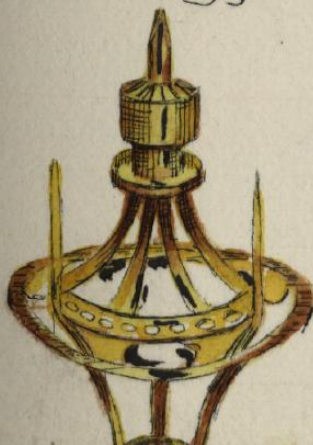
PL. 92



*Manchon*



*Galerie - support*



*brûleur*



BIB. CNAM  
RÉSERVE





## L'incandescence par le gaz et l'éclairage.

(Extrait du Journal des usines  
à gaz du 5 Avril 1891)

À la réunion de la Society of Chemical Industry, M. MacKess, chimiste de la Incandescent Gas Light Company, a présenté, à propos de l'éclairage au gaz par incandescence, une communication, dont nous résumons ci-dessous les passages principaux, en les faisant suivre des observations qu'ils ont motivées.

Les progrès accomplis par la lumière électrique donnent un intérêt nouveau à un procédé permettant de diminuer le prix de revient de la lumière fournie par le gaz. Bien qu'elle ne soit pas une découverte récente, l'incandescence par le gaz n'a reçu que depuis peu de temps les derniers perfectionnements que nous lui connaissons.

Dans l'appareil de Welsbach la fabrication du manteau s'opère comme suit: un tissu de coton est imprégné de nitrates des métaux précieux, séché, puis carbonisé; il reste une trame formée d'oxydes métalliques, qui, placée au-dessus d'un brûleur de Bunsen, reçoit la forme qu'elle devra conserver, et après un essai de deux à trois heures, est prête à être mise en service.

La couleur de la lumière et son pouvoir rayonnant varient avec la composition de la trame. Suivant la coloration qu'on veut obtenir, on emploiera l'une ou l'autre des compositions suivantes:

### Lumière blanche

1<sup>ère</sup> formule: 20% d'oxyde de zirconium  
40% — l'anthracène  
40% — thorium

2<sup>e</sup> formule : 40 % d'oxyde de zirconium  
 60 % — lanthane  
 3<sup>e</sup> formule : 20 % d'oxyde d'yttrium  
 80 % — de thorium

### Lumière jaune

2 % d'oxyde de cérium  
 28 % — thorium  
 30 % — zirconium  
 40 % — lanthane

### Lumière orangée

1<sup>re</sup> formule : 3 % d'oxyde de didyme  
 27 % — zirconium  
 30 % — thorium  
 40 % — lanthane  
 2<sup>e</sup> formule : 10 % d'oxyde de niobium  
 40 % — thorium  
 50 % — lanthane

### Lumière verte

20 % d'oxyde de lanthane  
 30 % — erbium  
 50 % — thorium

L'alumine et la magnésie atténuent le rendement lumineux, et l'oxyde de didyme en provoque l'abaissement rapide, à moins qu'on ne maintienne la température très élevée ; la plus belle lumière jaune est donnée par l'oxyde de cérium.

Le rendement lumineux de ces appareils décroît après cinq cents heures de service tandis que la lumière prend un teinte plus blanche. L'intensité lumineuse d'un appareil de Welsbach, consommant 70 litres de gaz sous une pression de 25 millimètres, était au début de 23,2 bougies. Elle était devenue :

Après 100 heures de 22 bougies

"	200	—	21.4	"
"	300	—	20.8	"
"	400	—	17.4	"



Après 500 heures de	17 bougies
" 600 —	17 "
Jusqu'à 1000 —	16 "

Soit une réduction de 7,2 bougies ou 31 pour 100 de la valeur initiale. Les montreaux donnant une lumière jaune possèdent le meilleur rendement lumineux et la plus grande résistance, ainsi qu'il résulte des chiffres suivants résumant les expériences faites sur deux appareils à lumière blanche et deux autres à lumière jaune.

L'intensité lumineuse des premiers était :

Au début de 17,6 et 16,8 bougies ;

Après 500 heures, de 5,4 et 5,6 bougies ;

Et après 1000 heures, de 4,3 et 4,5 bougies ;

Pour les seconds, l'intensité lumineuse était aux mêmes instants de 25,6 et 27,2 bougies, de 18 et 17,6 bougies, et de 13,7 et 13 bougies.

Voici, d'autre part, la puissance lumineuse développée par les différents oxydes pour une même consommation de 28 litres de gaz :

L'oxyde de l'anthracène donne une lumière blanche de 22,5 bougies ;

L'oxyde de zirconium donne une lumière blanche de 12,2 bougies ;

L'oxyde de thorium, le plus facile à travailler, donne une lumière bleutée (clair de lune) de 25 bougies ;

L'oxyde d'yttrium une lumière jaunâtre de 19,8 bougies ;

L'oxyde de cérium ne donne que 4 bougies, et avec une teinte rouge très peu désirable.

Les meilleurs résultats au point de vue du rendement lumineux ont été obtenus avec une composition de 80 pour cent d'oxyde de thorium, 20 pour cent d'oxyde d'yttrium ; à une consommation de 84 litres correspondait une intensité lumineuse de 40 bougies, mais la durée du montage laisse beaucoup à désirer. Une telle intensité lumineuse ne peut être obtenue qu'en brûlant complètement le gaz et qu'en employant

dans la fabrication du manteau des oxydes très purs et surtout exempts de fer; certains oxydes n'en contiennent que des traces, d'autres pas du tout. Il faut aussi que la flamme soit oxydante et concentrée à l'intérieur du manteau.

Dans l'appareil Clamond le manteau est fait de magnésie et donne 30 bougies pour une consommation de 168 litres de gaz. Il est en platine dans l'appareil Herriès, et nécessite un courant d'air sous pression; le rendement lumineux est de 200 bougies pour une consommation de 840 litres de gaz. M. Sellen emploie le platine iridié, et son appareil donne 5 bougies par 28 litres de gaz consommé.

Un bon système d'éclairage au gaz par incandescence doit remplir certaines conditions, telles que : fonctionner avec l'appareillage déjà placé; ne pas nécessiter la pose d'une canalisation spéciale; pouvoir être installé par le premier venu; consommer moins de gaz, ou, à égale consommation, avoir un pouvoir éclairant supérieur; brûler le gaz aussi complètement que possible; ne pas élever la température du milieu ambiant. L'appareil de Welsbach ne nécessite pas d'installation spéciale, mais il demande une pression de 25 millimètres pour donner son rendement maximum. Tous les systèmes d'incandescence au gaz exigent plus de soins que les brûleurs ordinaires, mais ils ont un rendement lumineux plus élevé, et le gaz est mieux brûlé, ce qui n'est pas sans importance au point de vue hygiénique.

M. Scudeler, du British water gas Syndicate, prend ensuite la parole et indique les résultats obtenus avec le gaz à l'eau et l'appareil à peigne de Falmenjelm :

L'appareil de Falmenjelm a reçu des modifications pendant ces trois dernières années, et son rendement lumineux est passé de 3,5 à 5 bougies pour 28 litres de gaz consommé, suivant que le peigne est de fabrication allemande

ou américaine. Les appareils employés en Angleterre proviennent d'Essen (Allemagne) et donnent une lumière blanche, tandis que ceux importés d'Amérique produisent une lumière jaune; cette différence provient de ce que les appareils américains formés d'aiguilles de magnésie (comme ceux d'Essen) sont en plus imprégnés de chromate de potasse; la présence de ce sel donne à la lumière une teinte jaune en même temps qu'elle porte son pouvoir éclairant de 3,5 à 5 bougies. D'autre part, les appareils allemands ne durent que 100 heures avec une consommation de 140 litres de gaz à l'heure, tandis que dans les mêmes conditions les peignes américains résistent au moins 150 heures; il convient d'ajouter que les tiges de ces derniers sont plus courtes que celles du peigne allemand.

M. B. Dyer demande si les oxydes rares employés dans la fabrication du manteau de Welsbach se trouvent couramment dans le commerce et à un prix abordable, et il exprime le désir d'être éclairé sur les changements chimiques qui se produisent en même temps que la puissance lumineuse de l'appareil décroît. Il expose qu'il y a trois ou quatre ans il avait monté un de ces appareils dans son laboratoire, et que le rendement lumineux s'est rapidement abaissé au point que l'appareil a été hors de service après quelques semaines. Il attribue cet effet à l'action des vapeurs du laboratoire, d'autant plus qu'il a conservé un de ces appareils dans ses appartements pendant plus de deux ans. Il trouve que ces brûleurs donnent une lumière agréable sans salir les plafonds.

M. Anderson attribue l'abaissement du rendement lumineux à la réduction des oxydes métalliques.

M. H. Allen demande comment sont préparés ces oxydes rares, et si l'on ne peut recourir les montes aux hors l'usage d'une nouvelle couche d'oxyde.



M. Sutherland, après avoir remercié M. Macleod de sa communication, informe l'assistance que M. Macleod a trouvé un procédé de revivification des montreaux hors d'usage, et que les Allemands lui en expédient pour être remis en état. Il termine en indiquant que l'appareil Welsbach rend de grands services dans un laboratoire de mesures et que son intensité lumineuse est encore plus élevée si l'on emploie de l'oxygène.

M. Morrison appuie les conclusions de M. Macleod. Il expose qu'il a eu quelques difficultés même en employant du gaz de première qualité; le gaz et l'air se mélangaient imparfaitement sous le montreau et partant, la chaleur dégagée devenait insuffisante. M. Morrison confirme l'opinion de M. Sutherland relativement aux services que peut rendre un appareil Welsbach dans un laboratoire de mesures; il se félicite de l'avoir employé pour faire des dosages saccharimétriques. Il pense que le pouvoir rayonnant et le rendement lumineux de l'appareil sont dus au cérium, mais que cependant il est étrange que les montreaux donnant une lumière rouge aient le plus grand rendement lumineux et la plus longue durée.

M. Howard fait observer que l'on doit faire un emploi judicieux des lampes à incandescentes au gaz; et que si elles remplaçaient toutes les autres lampes, le consommateur serait souvent forcé d'en atténuer l'éclat en interposant un écran.

M. Macleod a répondu à ces questions en développant tout d'abord les méthodes de préparation de ces oxydes rares dont les minerais proviennent d'Amérique et de Norvège. L'oxyde est précipité de la solution chlorhydrique du minerai, et repris par un dissolvant convenable; les sels étrangers sont éliminés, et l'on précipite l'oxyde que l'on lave avec soin. Il ajoute que le prix de ces oxydes est très élevé, et que l'oxyde de thorium vaut environ

60 francs le Kilogramme.

A son aise, l'abaissement du rendement lumineux est dû à la perte d'oxyde de lanthane et à la volatilisation d'oxyde de cérium; les parties fixes d'oxyde de cérium deviennent plus blanches qu'au début, la lumière qu'elles produisent perd sa teinte jaune et une partie de son pouvoir rayonnant; une quantité d'air insuffisante à la complète combustion du gaz produit le même effet.







# Nouveau bec de gaz à oxygène et zirconium <sup>(1)</sup>

de M. le Professeur Linneemann

( Extrait du Journal des usines à gaz  
du 5 Mars 1887 )

Les inventions de Popp, Clamond, Fabnejdin, Auer, etc, ont, dans ces dernières années, attiré particulièrement l'attention sur les becs de gaz à incandescence qui, il y a quel-  
-que temps, avaient d'assez nombreuses ap-  
-plications sous le nom de lampes oxy-hy-  
-driques. Le Professeur Linneemann, de Vienne a imaginé récemment une nou-  
-velle forme de brûleur de ce genre d'une  
grande intensité lumineuse. Au début, cet  
appareil était spécialement destiné à l'examen  
des sels métalliques qui se volatilisent dans  
le spectre du brûleur Bunsen, mais les prin-  
-cipes sur lesquels repose sa construction  
permettent de lui donner des applications  
beaucoup plus étendues.

M. Linneemann n'avait tout d'abord  
cherché qu'à éviter les inconvénients pré-  
-sentés par la plupart des lampes oxy-hydré-  
-ques. Dans ces lampes, on effect, le jet de

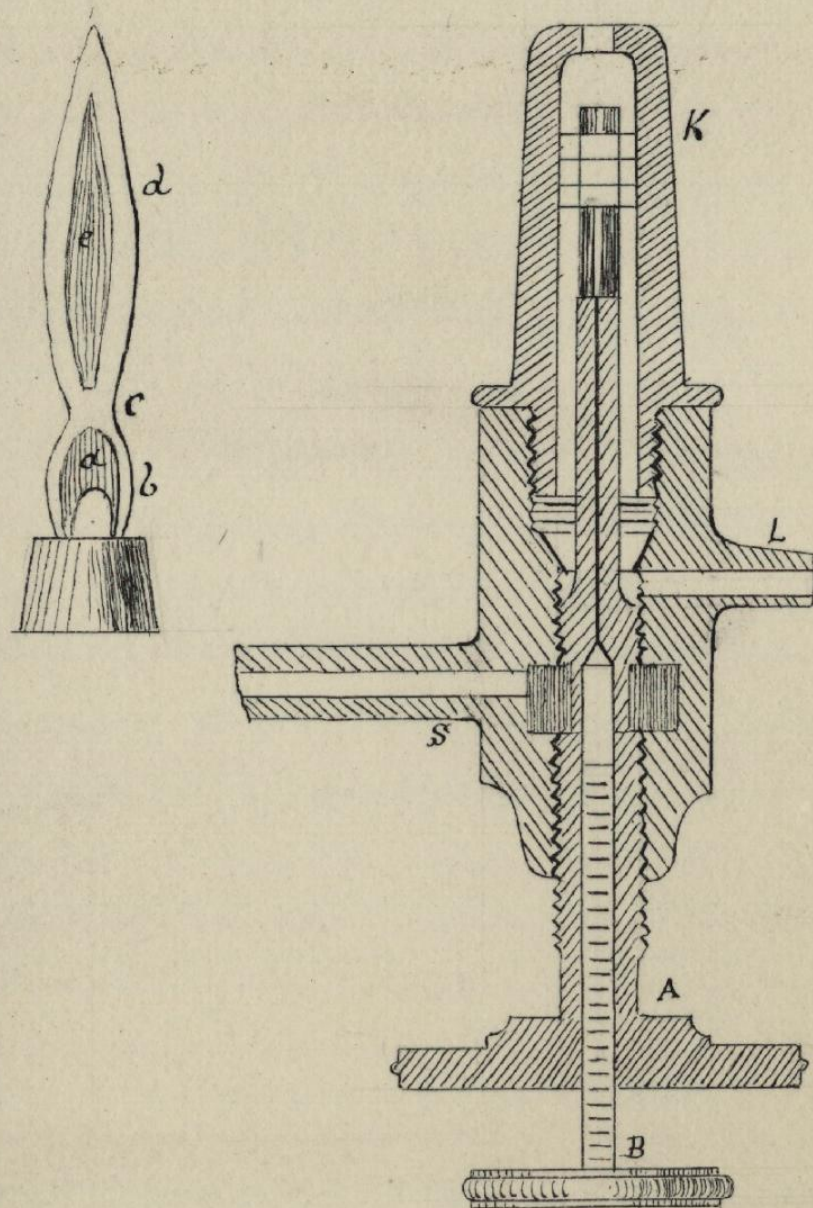
<sup>(1)</sup> D'après le Journal of Gas lighting.

gaz oxygène commence à brûler dans l'intérieur même du bec ; il en résulte une porte considérable de chaleur. De plus, cet oxygène ainsi dépensé ne contribue nullement à la production d'une bonne flamme, telle que celle d'un brûleur Bunsen, où le maximum de température est obtenu dans la flamme même et limitée dans le plus petit espace possible. Cette dernière condition est cependant de la plus haute importance. Les sels à volatiliser ne peuvent être introduits à l'état liquide dans la flamme que par l'intermédiaire des fils de platine ; si la partie chaude de cette flamme n'avait pas une section parfaitement définie, l'extrémité de ces fils fondrait ; au contraire, grâce à la faible dimension de cette partie, le globe de composition saline s'évapore sans que le fil de platine, qui est à peine éloigné d'un millimètre de la partie chaude, puisse être porté à une température voisine de son point de fusion.

La figure ci-contre représente en coupe le brûleur Ginnemann et la flamme qu'il produit. La partie supérieure du tuyau d'arrivée du gaz présente une forme cylindrique qui se rétrécit rapidement vers le haut. Dans cette cavité est placé un piston K relié à la vis A, et pourvu de plusieurs rainures longitudinales et transversales qui donnent une distribution égale du gaz d'éclairage.



Bec de gaz  
à oxygène et zirconium  
du Professeur Linnemann



ÉD. CNAM  
RESERVE





Celui-ci arrive par 4 et son admission est réglée, suivant la pression au moyen de la vis A, qui augmente ou diminue l'orifice du tuyau 4. L'oxygène arrive par 5 dans une chambre circulaire entourant A, et de là pénètre par quatre ouvertures dans une conduite pratiquée dans l'axe de cette vis; son admission se règle au moyen de la vis B.

Suivant les positions relatives des deux vis, on peut arriver à obtenir des flammes de hauteurs très différentes. Pour qu'il apparaisse fonctionne dans de bonnes conditions, la pression de l'oxygène doit être de 10 à 15 fois plus grande que celle du gaz d'éclairage; cette condition est facile à remplir avec un gazomètre de grande dimension; si elle n'est pas satisfaite, l'oxygène brûle dans l'intérieur du tuyau et on retrouve le défaut indiqué plus haut. Il faut aussi que l'oxygène s'échappe du bec sans avoir perdu de sa pression, ce qui n'est pas toujours très facile à obtenir, surtout lorsque ce gaz est amené par une canalisation assez longue, car il faut pas mal de temps pour que la pression du réservoir se transmette au bec même. Pour cette raison, il est avantageux et d'adopter un bout de tuyau de caoutchouc devant l'ouverture; le résultat

l'esiré s'obtient alors en serrant et relâchant seulement cetayau avec la main.

La flamme du bec Linnemann ne produit pas de bruit si elle est petite. La partie la plus chaude où l'oxygène brûle est en c, à environ 1 centimètre au-dessus du bec, et a une couleur blanc bleuâtre. Comme avec les brûleurs Bunsen, la partie a est sombre; la portion extérieure b est d'un bleu à peine visible; la couleur est un peu plus accentuée en d; enfin e est bleu blanc très clair.

Si l'on augmente d'un tiers la hauteur de la flamme, celle-ci produit un sifflement. L'espace c est plus long et la concentration de la flamme y est plus marquée, e est beaucoup plus intense en lumière et sa température considérablement plus élevée que celle du reste de la flamme. Cette disposition convient surtout pour porter au rouge les objets ayant une grande surface. Dans les deux cas les différentes parties, sauf c, donnent peu de résultats au spectroscope.

Le bec que nous venons de décrire conviendrait bien pour la lumière Drummond; mais l'énorme chaleur développée fondrait certainement la surface du cylindre de chaux et pourrait y produire une cavité de la grosseur d'un pois, ce qui donnerait à la flamme une forme dissymétrique.



-que et diminueroit rapidement l'intensité lumineuse. M. Ginnemann évite cet inconvénient en remplaçant la chaux par du zirconium.

Cette substance a été employée par M. Tessié du Motay au début de ses recherches; il s'en servoit sous forme de pointes dont le procédé de fabrication n'est pas connu. Quoiqu'il en soit, le zirconium est très difficile à obtenir à l'état compact; c'est une poudre amorphe, absolument infusible et qui, exposée à la température du rouge blanc, se réduit en une poussière très fine. La difficulté augmente encore lorsqu'il est mélangé à un autre corps. Aussi M. Ginnemann propose-t-il d'employer de la terre de zircon chimiquement pure qui ne contient aucune trace de matières alcalines. Voici comment il la prépare.

Il commence par extraire la terre de zircon de son chlorure naturel, en l'exposant à une flamme continue dans un creuset fermé en porcelaine; puis il réduit le corps ainsi obtenu en poudre fine dans un mortier en agate et le comprime ensuite au moyen d'un large pilon dans un mortier en acier, de façon à obtenir des plaques de 3 à 4 millimètres d'épaisseur. Lorsqu'elles ont été préparées et manipulées avec soin, ces plaques sont assez compactes pour qu'on puisse les

prendre avec les doigts et les retirer du mortier sans les casser. On peut encore augmenter leur solidité en les exposant à une température graduellement croissante, et en les faisant passer finalement dans l'appareil de Newmann. Il en résulte quelquefois une contraction partielle qui diminue le volume des plaques et les fait se briser en morceaux, mais cet inconvénient peut être évité si l'on a soin de les exposer à une très haute température en répartissant uniformément la chaleur sur toute la surface. Au reste, les plaques qui se sont cassées sont retravaillées de nouveau; elles sont alors plus solides que la première fois et quand elles se brisent, elles ne le sont qu'en deux morceaux. La cuisson des plaques ne peut avoir lieu que sur du platine, sur une autre substance, de la même par exemple, elles fondraient et filtreraient à travers comme de la cire.

Un disque de zirconium qui est resté entier dans la flamme à une solidité satisfaisante pour pouvoir être enlevé dans une petite soucoupe en platine, munie d'une poignée en fil de platine, au moyen de laquelle l'expérimentateur règle la position du disque lorsqu'il veut s'en servir. Il ne faut naturellement pas s'attendre à ce que ces disques soient tout à fait indestructibles;

ils s'écaillent avec le temps, surtout si on les expose subitement à une température très élevée. Mais ils peuvent servir plusieurs centaines de fois avant qu'on soit obligé de les renouveler.

Avec le bec décrit ci-dessus et dans le cas de la petite flamme silencieuse, le disque de zirconium doit être placé de telle sorte que la portion la plus chaude de la flamme C frappe sa surface. Bien qu'il soit presque entièrement porté au rouge blanc, ce n'est que sa partie centrale, sur un diamètre d'environ 5 millimètres, qui atteint le plus haut degré de l'incandescence. Il résulte un degré extraordinaire de concentration de la lumière sur le zirconium. La flamme, d'un blanc éclatant, est parfaitement fixe. Soumise à l'analyse spectrale, elle donne un spectre continu de la ligne A à la ligne H de Fraunhofer, ne présentant aucune raie lumineuse, et différant en cela de celui de la lumière Drummond, où, en outre de la raie du sodium, on distingue nettement les bandes rouge et verte du calcium.

Cette propriété de la lumière du zirconium est très précieuse; elle lui permet de remplacer celle du soleil et la rend préférable à la lumière électrique dans un



grand nombre de cas.

Le zirconium possède encore un autre avantage ; il ne développe qu'une très faible quantité de chaleur relativement à l'intensité lumineuse émise ; par suite l'objet à éclairer peut être amené excessivement près de la flamme.

M. Linneemann a mesuré, au moyen du photomètre Bunsen, les pouvoirs éclairants de flammes de différentes hauteurs. Le gaz d'éclairage était fourni à une pression moyenne d'environ 60 millimètres d'eau et l'oxygène à une pression environ 15 fois plus grande. La quantité de lumière obtenue a varié, suivant la dépense d'oxygène et de gaz, de la manière suivante :

60 bougies pour 24 lit. de gaz et 15 lit. d'oxygène à l'				
120	—	37	—	26
100	—	48	—	44

La petite flamme qu'on ne donne pas de bruit, peut produire des intensités variant de 60 à 120 bougies. Les intensités supérieures à 120 bougies ne sont obtenues qu'avec la flamme sifflante. Etant donné qu'un bec ordinaire ne fournit que 4 bougies allemandes pour une consommation horaire de 50 litres de gaz, on voit que la lampe Linneemann produit avec la même dépense une intensité lumineuse de 30 à 50 fois plus considérable.

Lampe à gaz,  
système Danischewski. <sup>(1)</sup>

---

M. Danischewski dont les inventions ne sont pas inconnues de nos lecteurs, a imaginé dernièrement un système de lampe à gaz à flamme renversée, qui présente des dispositions originales. Nous croyons utile d'en publier la description et le dessin sans y revenir plus tard lorsque nous aurons à citer les résultats des expériences photométriques qui se poursuivent.

Un des caractères essentiels du système est l'absence de bec proprement dit. Le gaz est amené par un tube S de 4 millimètres de diamètre intérieur et en sort pour être brûlé, sans qu'il y ait le moindre changement de section du tube, dont l'extrémité est absolument libre.

L'écoulement du gaz est déterminé par un régulateur R sec ou humide ; la forme de la flamme éclairante est obtenue par l'interposition d'une couronne hémisphérique T en terre réfractaire et un agencement convenablement étudié des courants d'air pour l'alimentation du bec et la sortie des produits de la combustion.

---

(1) Extrait du Journal des usines à gaz du 5 Mai 1887.

Un demi-globe en verre mince est monté sur une bague mobile, le long du tube de gaz, et est maintenu latéralement par un cercle métallique armé de trois bras.

Le chapiteau porte à sa partie inférieure un rebord plat C à garniture d'amiante, qui s'appuie sur le cercle et le globe en formant un contact suffisamment intime pour empêcher les rentrées d'air.

Le ressort logé sous la bague du globe facilite la mise en place des différentes parties, sans exiger d'autre soin que de bien faire coïncider l'axe de la cheminée avec celui du tube de gaz.

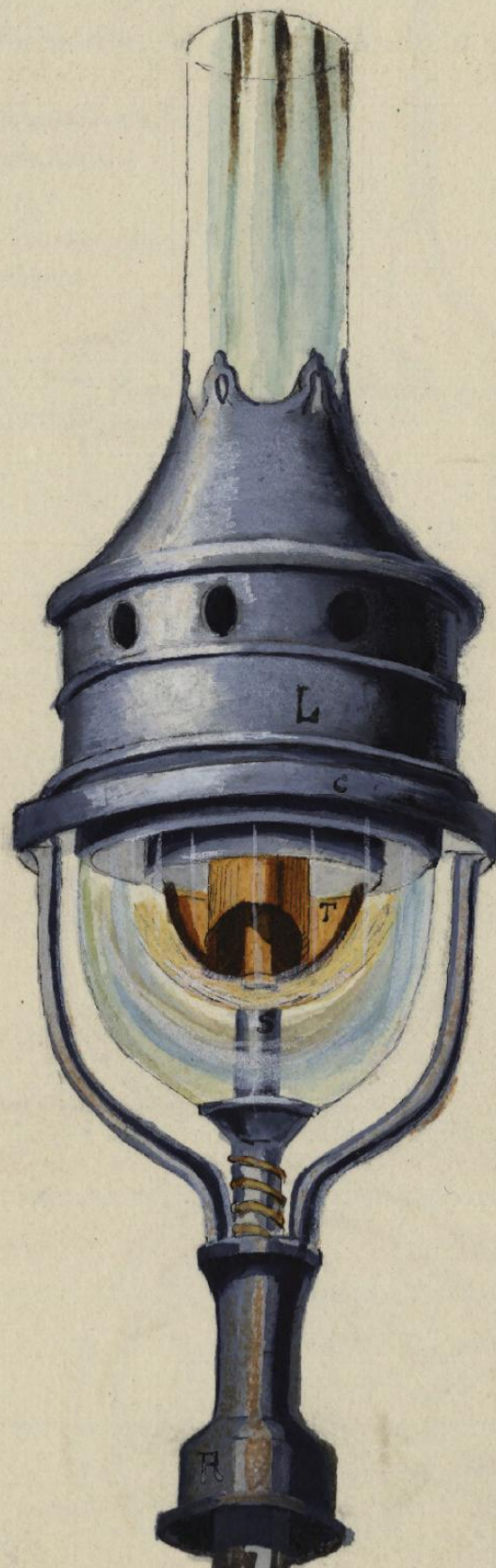
Le chapiteau demande quelques explications. Suivant son axe, est disposée la cheminée d'évacuation V, des produits de la combustion qui porte en son centre, à la partie inférieure, un bouton métallique, normalement placé à 2 millimètres environ au-dessus de la sortie du gaz. Autour de la cheminée, et communiquant avec elle, est une caisse cylindrique, divisée par des cloisonnements en plusieurs compartiments, entre lesquels circule et s'échauffe l'air d'alimentation de la flamme. Celui-ci est approché par des ouvertures ménagées dans la surface convexe L de l'enveloppe : il est dirigé par des passages obliques de manière à lécher les parois de la caisse et



PL. 94

Lampe à récupérateur

Danischevski



BIB CNAM  
RESERVE

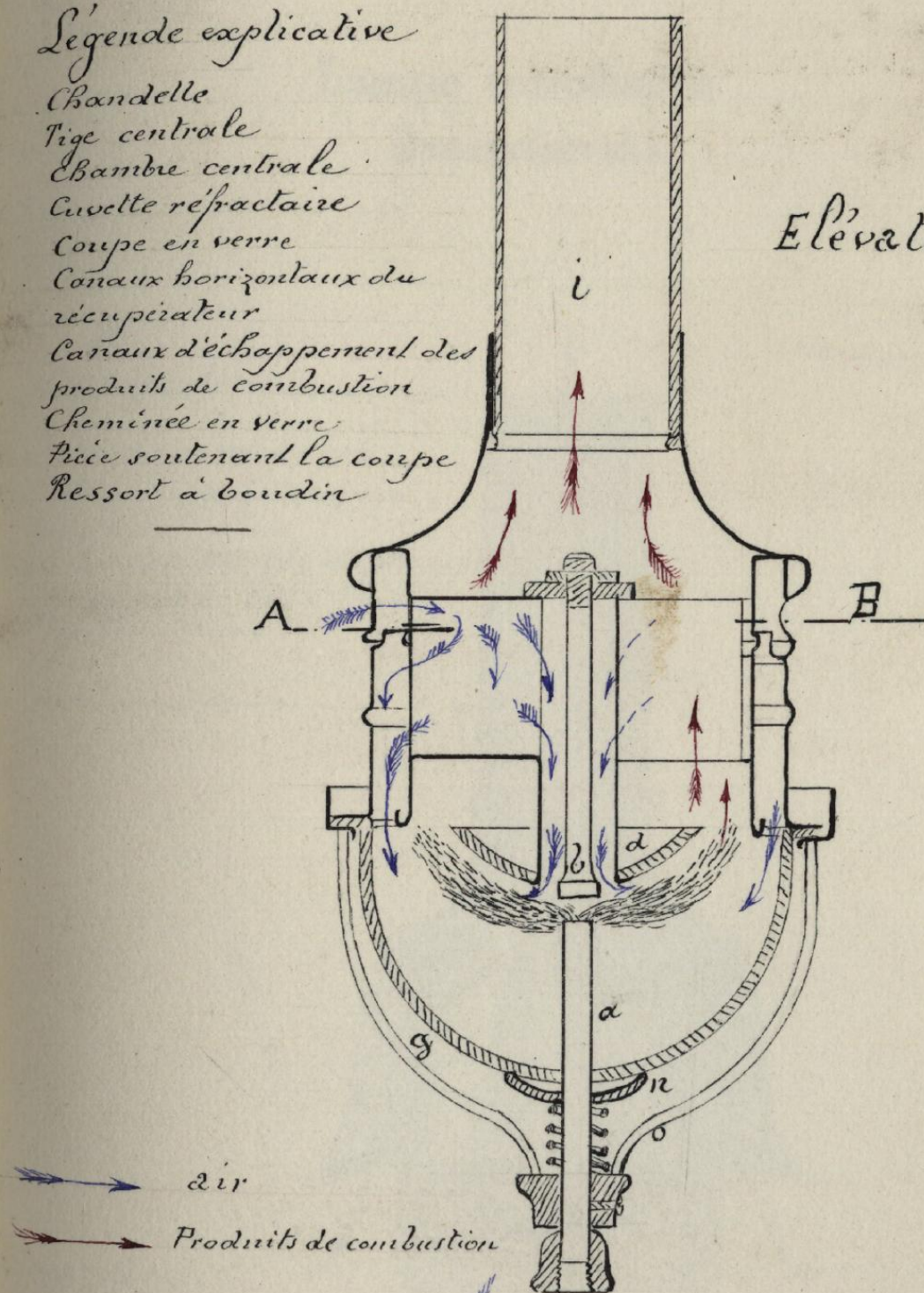




Légende explicative

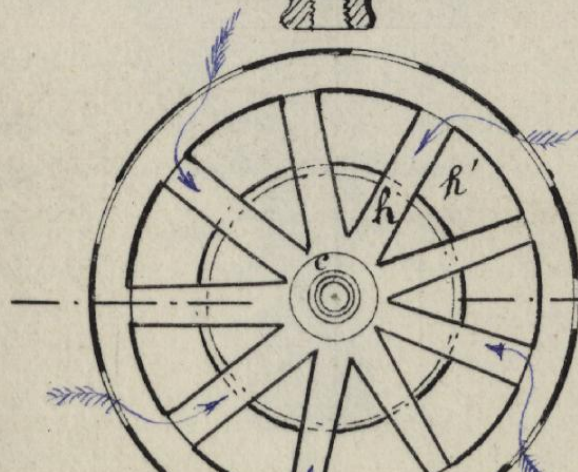
- Chandelle
- Tige centrale
- Chambre centrale
- Cuvette réfractaire
- Coupe en verre
- Canaux horizontaux du récupérateur
- Canaux d'échappement des produits de combustion
- Cheminée en verre
- Pièce soutenant la coupe
- Ressort à boudin

Elevation



air  
Produits de combustion

Plan



BIB. CNAM  
RESERVE





# Lampe translucide Danischevski

## - Légende -

- A - Tube d'arrivée du Gaz
- C - Chemise perforée pour admission d'air
- D - Émission du gaz sur-primant le bec
- F - réchauffeur



BIB. CNAM  
RESERVE



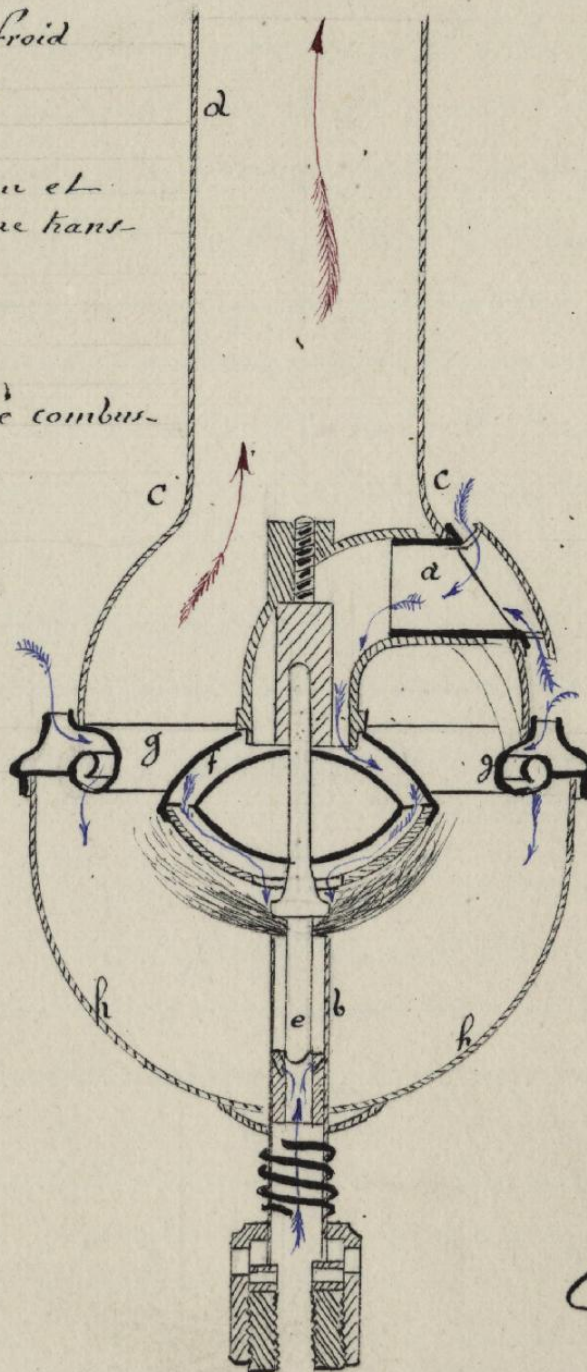


# Lampe translucide Danischevski

## Légende

g. introducteur d'air froid  
b. arrivée du gaz  
e. axe central  
f. réchauffeur  
c, h. cheminée, chapeau et  
coupe en matière trans-  
parente

— Air  
— Produits de combus-  
tion



Elevation

BIB CNAM  
RESERVE



à descendre ensuite le long du globe avant d'arriver à la flamme. Un verre ordinaire de 10 centimètres de longueur environ surmonte le chapiteau pour recueillir les produits de la combustion et assurer le tirage. L'ensemble est fort exactement représenté par le dessin ci-joint.

Nous ne pouvons pas encore donner de chiffres précis au point de vue de l'intensité lumineuse produite par ces nouveaux foyers et de la dépense de gaz par cercet-heure. Dans les essais auxquels nous avons assisté, l'effet nous a paru comparable à celui que donnent les bœs Wenhain et Cromartie de même consommation. Quant à l'installation, il n'est pas possible de faire plus simple.

Il est probable qu'au prochain Congrès de la Société technique, nous aurons l'occasion d'examiner les éléments originaux du système et de nous faire une idée plus complète de leur valeur pratique.

---



Bec Parisien (système Schulke)  
 construit par la Société des perfectionnements  
 de l'éclairage

(Extrait du Journal des usines à  
 gaz du 5 Janvier 1888)

Les appareils intensifs à récupération  
 du système Schulke ont fait leur première  
 apparition, en France, au printemps de 1884.

Dès cette époque, l'attention a été appelée  
 sur eux par leur rendement lumineux  
 considérable, et la disposition par laquelle  
 y est obtenu le chauffage préalable de l'air  
 destiné à la combustion du gaz a été appré-  
 ciée comme l'une des plus favorables à la  
 récupération parmi celles déjà connues.

Mais de graves reproches leur ont été  
 adressés, avec raison, au sujet de leur  
 forme volumineuse et disgracieuse, et  
 surtout de l'irrégularité de leur marche,  
 irrégularité qui était due principalement  
 à une mauvaise disposition du tube et d'ali-  
 mentation.

Les appareils ne pouvaient donc être  
 acceptés en cet état par l'industrie du  
 gaz, et il était indispensable de les per-  
 fectionner.

La recherche des modifications né-  
 cessaires a été entreprise par la Société

des perfectionnements de l'éclairage, et elle a été couronnée de succès.

Tout en conservant les dispositions fondamentales qui formaient l'objet des brevets dont elle avait acquis la propriété, cette Société a modifié les appareils de manière à rendre leur construction plus simple et plus économique, à diminuer leur volume, à assurer leur marche régulière en faisant disparaître les inconvénients révélés par la pratique, et, en même temps à les rendre plus solides.

Ces modifications ont été énumérées dans le brevet d'invention pris en 1886 par la Société qui a donné à son nouvel appareil le nom de *Bec Parisien*.

A partir de cette époque, le bec parisien a fait ses preuves dans les conditions les plus difficiles, c'est à dire dans l'éclairage des voies publiques, et il a été hautement apprécié par tous les ingénieurs compétents qui l'ont examiné soit au laboratoire, soit dans le service pratique auquel il a été affecté par les administrations des villes et de Compagnies de chemins de fer.

Dans ces nouvelles conditions, l'étude de l'appareil présente un intérêt incontestable.

En voici la description :

Les fig. 1, 2 et 3 de la Plaque jointe à ce numéro, représentent une suspension de 350 litres, type industriel s'allumant par la cheminée.

La fig 1 donne la vue de face ;

La fig. 2 la coupe verticale A B,

La fig. 3 une coupe horizontale suivant C D.

L'appareil se compose du récupérateur X et de la Tyre Y avec son chan-  
-clavier Z.

La partie essentielle du récupérateur est le tube plissé a (fig. 2 et 3) fait avec une seule feuille de nickel par plissée un certain nombre de fois sur elle-même ; les extrémités de cette feuille sont jointes l'une à l'autre, de sorte que celle-ci forme un plissé circulaire sans fin (fig. 3).

L'emploi du nickel pur est motivé par sa résistance considérable à l'action du feu, résistance qui est bien démontrée par l'expérience. Il existe en effet sous la halle des messageries (service de l'arrivée) de la gare de Paris de la Compagnie P. L. M. un ancien boe transformé de 350 litres brûlant régulièrement toute la nuit et ayant près de trois ans de service ; Les parties en nickel ne sont pas détériorées malgré les 11000 heures d'allumage de l'appareil. Les tubes plissés



des soixante quinze appareils qui se trouvent en service au même endroit depuis deux ans sont également intacts.

Le tube plissé *a* est emboîté dans une enveloppe conique *b* également en nickel pur, celle-ci ne couvre pas la partie supérieure de *a* et donne ainsi accès à l'air dans les plis extérieurs du plissé. Le vide conique central de *a* se trouve bouché à une certaine distance du bord inférieur par un obturateur *c*, ce qui force les produits de la combustion à s'échapper en passant par les plis intérieurs du plissé. Les plis extérieurs sont fermés en haut, et ceux intérieurs en bas, de sorte qu'il ne peut se produire aucun mélange d'air et de produits de combustion.

Le tirage est obtenu par le cône *d* et la cheminée *e*.

Pour éviter que l'air extérieur amène le refroidissement du tube plissé, celui-ci est entouré d'une couche isolatrice en amiante *f*, terminée par le lambour *g*; ce dernier est entouré d'un vide circulaire formé par le dôme *h*.

À l'extrémité inférieure du tube plissé est attaché un petit réflecteur en porcelaine qui sert à diriger l'air et les produits de la combustion, tout en augmentant

l'effet de la lumière.

La tyre du bec ne présente rien de particulier. Il n'en est pas de même du chandelier, organe très intéressant à cause des fatigues auxquelles il se trouve exposé et des dispositions adoptées pour un service et une marche régulière et continue de l'appareil.

Pour faire ressortir les avantages de ces dispositions, il n'est pas inutile de résumer les inconvénients inhérents à la plupart des becs intensifs à récupération actuellement connus.

Dans ces derniers :

1<sup>er</sup> Le tube qui amène le gaz se trouve souvent surchauffé, et par suite le gaz se décompose en produisant du charbon et du graphite ; le brûleur est bouché par ces dépôts et la flamme devient irrégulière.

2<sup>o</sup> Le brûleur est souvent très fragile ; il est cher, son remplacement présente des difficultés et exige une connaissance spéciale.

3<sup>o</sup> La rupture accidentelle du globe supprime entièrement la lumière.

4<sup>o</sup> La flamme est molle, ce qui rend les appareils très sensibles au vent et aux variations de pression du gaz.

5<sup>o</sup> Beaucoup de becs sont excessivement délicats ; ils fument aussitôt que le brû-

leur se trouve déplacé par rapport au récupérateur.

6° Dans la plupart des boes, le foyer n'est plus visible à une certaine distance de l'appareil, inconvénient assez grave pour l'éclairage de la voie publique.

Le bec parisien ne présente aucun de ces inconvénients, grâce à la disposition de son chandelier et particulièrement de son brûleur, qui se distingue par l'emploi de simples papillons en stéatite à tête creuse montés sur cuivre. La couronne *i* qui reçoit un certain nombre de papillons est mobile *h* au moyen d'un rodage *l*. Le porte-coupe *m* peut glisser sur la tige *k*. La coupe joint hermétiquement sur le fond en smicite du récupérateur. Le régulateur *r* est vissé sur le rodage *o*, de sorte que l'on peut enlever tout le chandelier de la lyre, après avoir baissé la coupe *n*.

Le robinet *s* fait corps avec la lyre, il est disposé de telle manière qu'il se trouve fermé dans la position de gauche de la bascule et ouvert quand celle-ci est tournée à droite. Dans la position verticale de la clef, le robinet ne laisse passer qu'une certaine partie de la consommation normale du boe, ce qui permet d'allumer celui-ci sans dé-



-lution en présentant un allumoir au sommet de la cheminée.

Les bœcs parisiens destinés à l'éclairage public sont logés dans les lanternes et pourvus d'un chandelier spécial comportant une veilleuse et un bœc de minuit (fig. 4, 5 et 6).

L'appareil d'alimentation permettant d'amener le gaz dans l'intérieur de la coupe pour trois bœcs différents est particulièrement intéressant. La fig. 4 en représente une coupe verticale. La partie inférieure du chandelier est fixe; elle reçoit une partie mobile au moyen du rodage J E. Le robinet A est à quatre voies et sert à la distribution du gaz qui s'obtient par une simple manœuvre de la bascule. Quand celle-ci se trouve à droite, la veilleuse et brûle seule: le gros bœc K est alimenté quand la bascule est verticale; on allume le bœc de minuit M en tournant la bascule à gauche; le gros foyer est alors éteint. La mobilité de la tige simplifie considérablement le service d'entretien et de nettoyage.

Tout récemment la Société des perfectionnements de l'éclairage a créé deux types de petite consommation (110<sup>l</sup>. et 150<sup>l</sup>). pouvant se visser à la place d'un pispillon ou d'un petit bœc rond ordinaire.

Les dessins ci-joints montrent quel aspect extérieur de l'appareil, ne peut plus

être un obstacle à l'application générale du système.

Après des expériences pratiques très sérieuses et prolongées pendant plusieurs mois, le Bec Parisien a été adopté par la ville de Lyon pour la transformation complète de son éclairage intensif; le nombre des lanternes actuellement en service dans cette ville dépasse deux cent trente. Une centaine de lanternes ont été placées par les soins de diverses municipalités, notamment à Toulouse, Nice, Bordeaux, Béziers, Venise, Florence, Vérone, Lucques etc.

Trois cent soixante-deux lanternes ou suspensions ont été placées par les Compagnies des Chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée, de Paris à Orléans et du Midi dans leurs gares de Paris, Lyon-Perreche, Villeneuve-Triage, Juvisy, Bourges, Bordeaux Saint Jean<sup>(1)</sup>

La ville de Paris fait des essais pratiques sur la place de l'Hôtel de ville et au carrefour de la rue de Rivoli et du boulevard Sébastopol. Ces essais, commencés au mois de Mars dernier, ont réussi jusqu'à présent.

Tout récemment l'Administration de la Ville a consenti à l'installation d'une lanterne

---

(<sup>1</sup>) Chiffres de fin Novembre 1887.

de 750 litres au pont du Carrousel; celle-ci est représentée par notre dessin fig. 6, et peut être considérée comme le dernier type.

Il reste à parler du rendement des différents types, de leur prix et de leur entretien.

Les pouvoirs éclairants indiqués dans le tableau ci-dessous ont été obtenus au laboratoire d'une de nos grandes villes de France.

Les prix sont ceux des prospectus de la Société des perfectionnements de l'éclairage.

Les frais d'entretien pour les lanternes sont ceux établis par le traité que la ville de Lyon a passé avec M. Bardot, fabricant d'appareils à gaz.

Les frais d'entretien pour suspensions sont ceux que la Société des perfectionnements de l'éclairage garantit comme maximum par son traité avec la Compagnie d'Orléans; à côté figurent les frais moyens constatés par la pratique.

Tableau



Type	Consommation à l'heure éclairant	Prix des		Frais annuels d'entretien et de l'entretien			
		Pouvoir Litres Candels	Suspensions simples -	Entrées de grille -	Pour		Moyenne des constatations préliquidées
					Suspensions brutales (selon traités)	Entrées de grille (selon traités)	
a	225	3.94	110 "	175 "	14 "	30 "	9 70 21 "
b	360	7. "	190 "	290 "	17 "	38 "	12 " 30 "
c	350	12.60	225 "	310 "	20 "	47 "	14 " 40 "
c	705	19. "	265 "	400 "	23 "	58 "	17 50 52 "
112	994	25.50	310 "	485 "	27 "	70 "	21 " 60 "

Les béc parisiens paraissent appelés à rivaliser, dans de bonnes conditions, avec les deux systèmes et éclairage public qui, jusqu'à présent pouvaient être considérés comme les seuls ayant donné de bons résultats pratiques, c'est à dire les béc phares de la Compagnie parisienne du gaz et les béc Siemens, il est intéressant de les comparer.

Le prix de revient qui permet de établir cette comparaison est exprimé ci-après en francs et centimes par candel-heure; il est établi d'une manière uniforme en comprenant:

1<sup>o</sup> L'intérêt et l'amortissement des dépenses de premier établissement calculés à 10%, ce qui, au taux d'intérêt de 6% suppose aux appareils une durée de quinze à seize ans.

2<sup>o</sup> L'entretien et la surveillance;

3<sup>o</sup> La consommation.

La comparaison au moyen du prix de revient par candel-heure fournit des renseignements très exacts, quand on met en parallèle des foyers lumineux ayant des intensités présentant des écarts peu considérables. Il convient donc de choisir comme termes de comparaison les deux types du Béc parisien qui se rapprochent le plus des Béc Siemens.

Les chiffres insérés dans les tableaux ci-après sont extraits de l'article du Journal

des usines à gaz (n° 104, du 5 Janvier 1886) en ce qui concerne les becs phares et les becs Siemens.

Becs placés dans des lanternes sur la voie publique

	Becs phares de la Compagnie Parisienne	Siemens français	Bec parisien
Type de . . . . .	1,400 <sup>l</sup>	1,600 <sup>l</sup>	1,000 <sup>l</sup>
Consommation réelle de . . . . .	1,400	1,480	994
Pouvoir éclairant . . . . .	13 cec.	30.6 c.	25.5 c.
Dépenses de premier établissement, achat, pose . . . . .	300 <sup>+</sup>	1000 <sup>+</sup>	600 <sup>+</sup>
Entretien et surveillance . . . . .	40 <sup>+</sup>	205 <sup>+</sup>	70 <sup>+</sup>
Type de . . . . .	800 <sup>l</sup>	800 <sup>l</sup>	550 <sup>l</sup>
Consommation réelle de . . . . .	800 <sup>l</sup>	662 <sup>l</sup>	550 <sup>l</sup>
Pouvoir éclairant . . . . .	7,5 c.	10 c.	12,6 c.
Dépenses de premier établisse- ment, achat, pose . . . . .	300 <sup>+</sup>	630 <sup>+</sup>	450 <sup>+</sup>
Entretien et surveillance . . . . .	40 <sup>+</sup>	87 <sup>+</sup>	47 <sup>+</sup>

Dépenses annuelles par bec, non compris la consommation

Nature des becs	Intérêt et amortissement à 10%	Entretien et surveillance	Total
Phares de . . . . . 1,400 litres	30 <sup>+</sup>	40 <sup>+</sup>	70 <sup>+</sup>
de . . . . . 800 "	30 <sup>+</sup>	40 <sup>+</sup>	70 <sup>+</sup>
Siemens de . . . . . 1,600 "	100 <sup>+</sup>	205 <sup>+</sup>	305 <sup>+</sup>
de . . . . . 800 "	63 <sup>+</sup>	87 <sup>+</sup>	150 <sup>+</sup>
Parisien de . . . . . 1,000 "	60 <sup>+</sup>	70 <sup>+</sup>	130 <sup>+</sup>
de . . . . . 550 "	45 <sup>+</sup>	47 <sup>+</sup>	92 <sup>+</sup>

Prix



Prix de l'éclairage public (Gaz à 0<sup>f</sup>.15)  
par bec et par heure, en supposant 3,000 heures  
d'éclairage en pleine lumière.

	Bec phare	Bec Siemens	Bec parisien
Type de . . . . .	1,400 <sup>l</sup> .	1,600 <sup>l</sup>	1,000 <sup>l</sup>
Intérêt et entretien . . . . .	0 <sup>f</sup> .0233	0 <sup>f</sup> .1017	0 <sup>f</sup> .0433
Consommation . . . . .	0 <sup>f</sup> .2100	0 <sup>f</sup> .2220	0 <sup>f</sup> .1491

Prix de revient total 0<sup>f</sup>.2333 0<sup>f</sup>.3237 0<sup>f</sup>.1924

Prix total de la carot heure 0<sup>f</sup>.0180 0<sup>f</sup>.0106 0<sup>f</sup>.0076

	800 <sup>l</sup> .	800 <sup>l</sup> .	550 <sup>l</sup> .
Type de . . . . .	800 <sup>l</sup> .	800 <sup>l</sup> .	550 <sup>l</sup> .
Intérêt et entretien . . . . .	0 <sup>f</sup> .0233	0 <sup>f</sup> .0500	0 <sup>f</sup> .0307
Consommation . . . . .	0 <sup>f</sup> .1200	0 <sup>f</sup> .0993	0 <sup>f</sup> .0825

Prix de revient total 0<sup>f</sup>.1433 0<sup>f</sup>.1493 0<sup>f</sup>.1132

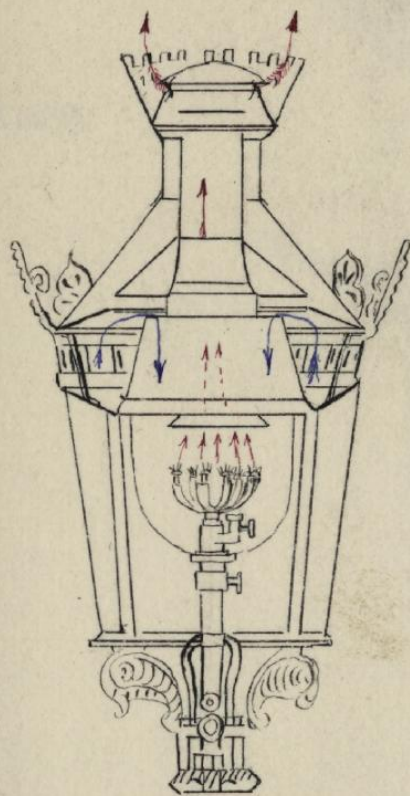
Prix total de la carot heure 0<sup>f</sup>.0191 0<sup>f</sup>.0149 0<sup>f</sup>.0090

Tous les becs Siemens sur lesquels ont porté  
les essais, étaient placés dans des lieux couverts,  
tandis que les becs parisiens se trouvaient sur  
la voie publique ou dans des endroits dé-  
couverts. Malgré cela, la comparaison ci-  
dessus conduit en faveur de ces derniers.

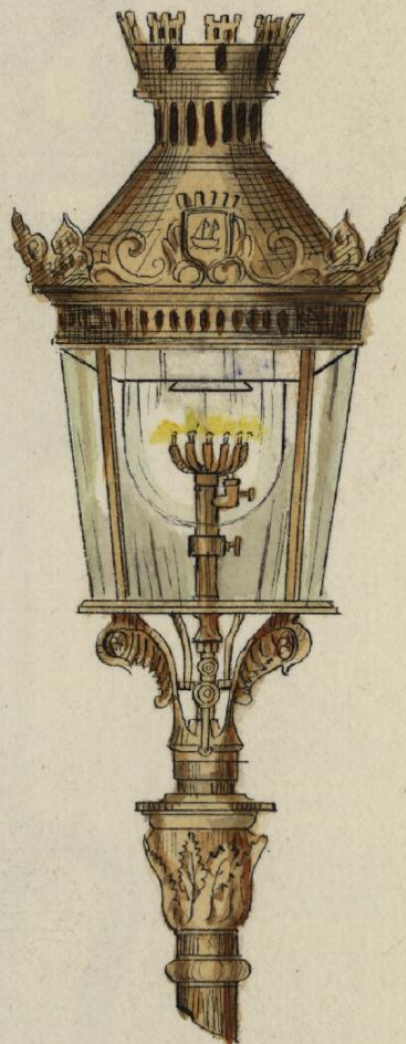
Voici par ordre croissant les prix de revient par  
carot-heure des becs comparés :

Bec parisien de 1,000 litres	Gaz à 0 <sup>f</sup> .15..	0 <sup>f</sup> .0076
" parisien de 550 "	"	0 <sup>f</sup> .0090
" Siemens français de 1,600 litres	"	0 <sup>f</sup> .0106
" Siemens français de 800 . "	"	0 <sup>f</sup> .0149
" phare de 1,400 litres . . .	"	0 <sup>f</sup> .0180
" phare de 800 . . . . .	"	0 <sup>f</sup> .0191

Bec Parisien,  
à récupérateur Schulke,  
dans une lanterne deville.



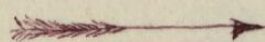
*Coupe verticale*



*Légende*



*air*



*Produits de combustion*

BIB CNAM  
RESERVE



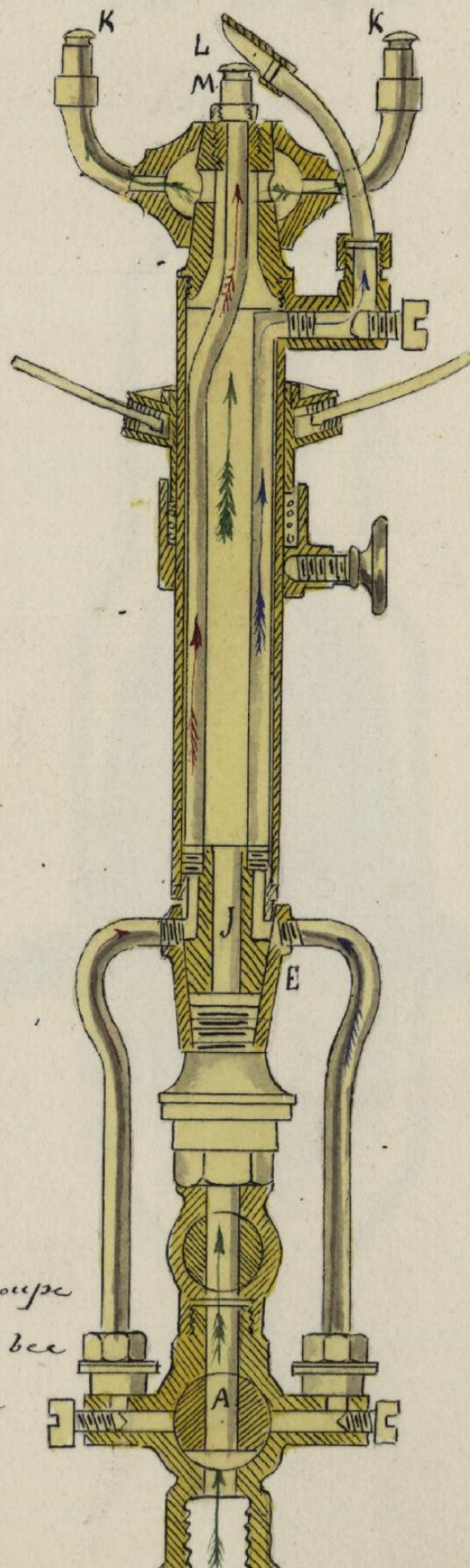


# Coupe de l'appareil d'alimentation

PL. 99

Fig. 4

Bec Parisien



→ alimentation du groupe  
de brûleurs  
→ alimentation du bec  
central  
→ alimentation de  
l'allumeur

210 Cnam  
RESERVE



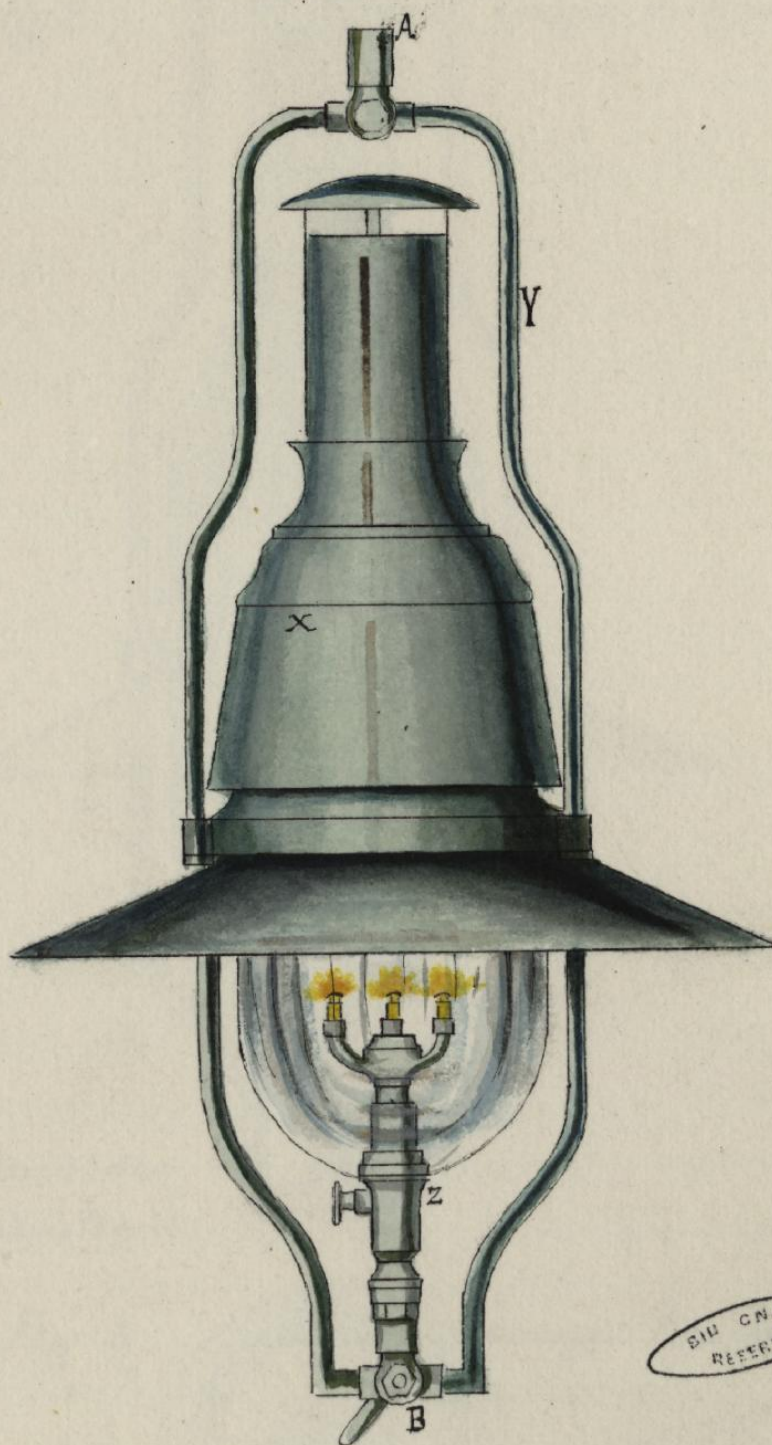


PL. 100

Lampe à récupérateur  
Schulke

*VUE de Face*

*Fig. 4*



SDO CNAM  
RESERVE



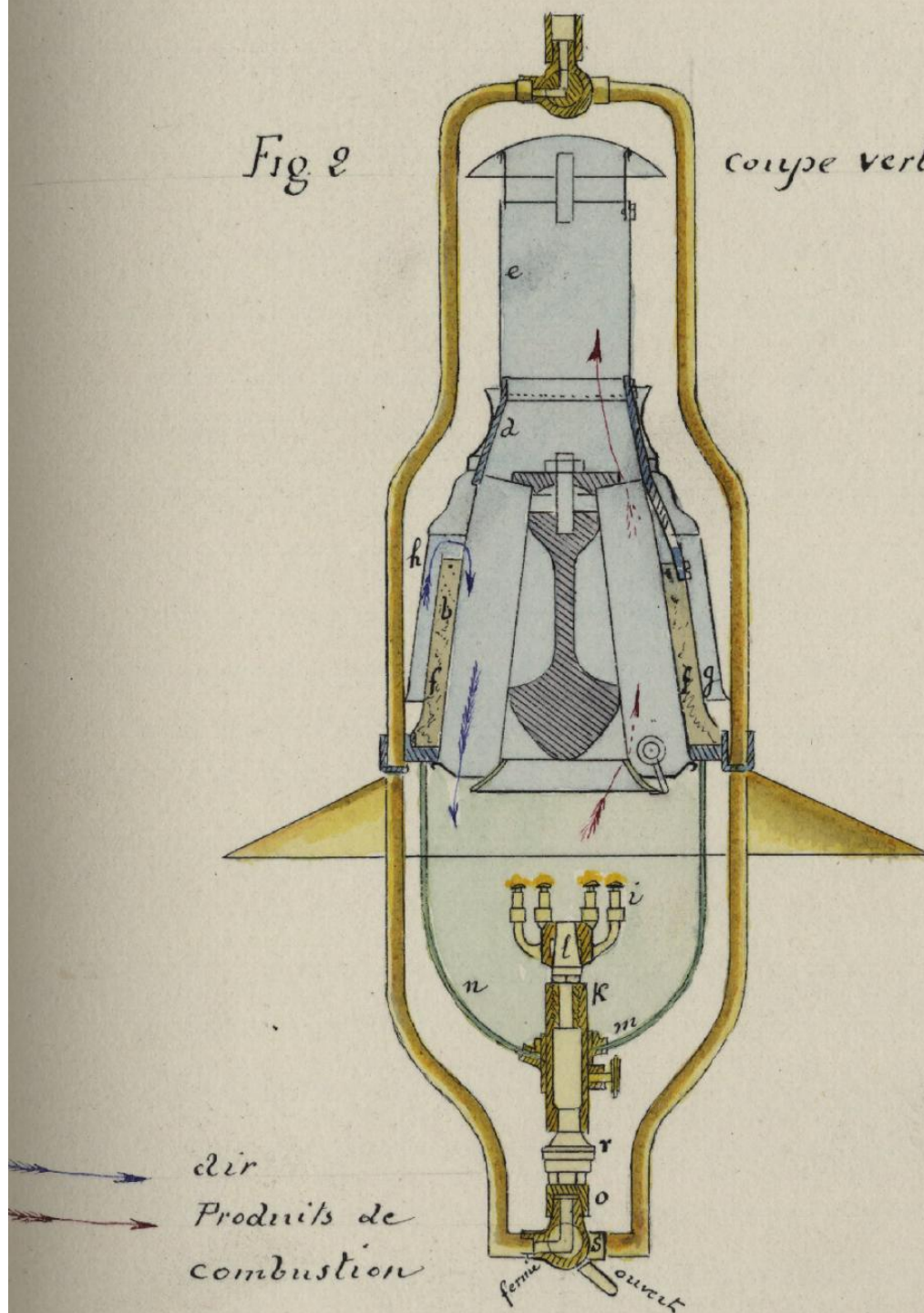


PL. 101

# Lampe à récupérateur Schulke

Fig. 2

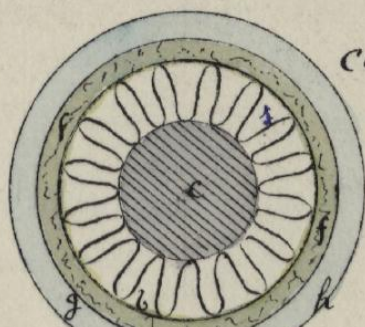
coupe verticale



air  
Produits de  
combustion

Fig. 3

coupe horizontale



BIB. CHAM  
RESERVE





## Etude sur la ventilation par les appareils d'éclairage

(Extrait du Journal de l'éclairage  
au gaz, du 5 Janvier 1888)

La ventilation des lieux habités forme une question très étendue, très complexe, et que nous ne traiterons ici qu'au point de vue spécial indiqué à notre titre, c'est à dire à celui de la ventilation à l'aide des appareils d'éclairage.

En faisant servir le gaz brûlé pour l'éclairage au renouvellement de l'air des lieux habités, on y maintient économiquement une atmosphère pure et saine, mais il en résulte aussi nécessairement que la solution n'est applicable que là où l'on emploie une certaine quantité de lumière et que, dans l'intervalles des périodes d'allumage, la ventilation ne peut être obtenue que par une dépense supplémentaire et parfois, par quelques dispositions exceptionnelles.

Même avec ces restrictions, l'emploi des appareils d'éclairage à la ventilation offre encore un champ d'application considérable et est de nature à ramener les esprits effrayés par les causes d'insalubrité

attribuées au gaz, et que les électriciens ont si bien fait valoir.

L'opération fondamentale, lorsqu'on s'occupe de ventilation, est de déterminer tout d'abord la quantité d'air à renouveler.

Dans les espaces fermés, l'air est vicié par la respiration et par la transpiration des hommes, par les traitements mécaniques et chimiques de matières qui entraînent la production de gaz ou de poussières et enfin par l'éclairage.

On peut évaluer l'importance de ces différents éléments de viciation de la manière suivante :

Viciation par l'homme — Il résulte des expériences si pratiques et si précises de M. Hirn, que l'homme d'équipe à l'heure, en moyenne 40 gr. d'acide carbonique, au repos, et 150 gr. lorsqu'il travaille.

M. M. André et Gavarret ont trouvé que l'homme, au repos, produit à l'heure 21 lit. d'acide carbonique, soit en nombre rond 40 gr.

Tous divers chiffres trouvés à l'étranger sont aussi compris entre les deux limites indiquées par M. Hirn, qui peuvent donc être considérées comme suffisamment exactes.

En outre de l'acide carbonique, la respiration produit de la vapeur d'eau,

au moins aussi malsaine, mais comme la formation de ces deux produits se trouve liée, on dose seulement l'acide carbonique. L'homme produit en moyenne 60 gr. de vapeur d'eau à l'heure.

La chaleur dégagée par les êtres vivants crée encore une cause sérieuse d'incommodité dans les lieux fermés, mais comme sa production suit également celle de l'acide carbonique, le renouvellement d'air suffit pour satisfaire à l'élimination de l'un de ces produits satisfait le plus souvent à l'évacuation de l'autre. N'est cependant bon de pouvoir tenir compte parfois, séparément, de la chaleur fournie en moyenne par les spectateurs et nous rappellerons donc que la chaleur dégagée en moyenne par l'homme varie, selon M. Hirn, de 150 calories, au repos, à 250 calories, quand il travaille.

Vicision par l'éclairage. — Le nombre des heures nécessaires à l'éclairage d'un espace peut être évalué d'après les bases suivantes : (1)

---

(1) Aide-mémoire de la société « La Hutte »  
Traduction de M. Huguenin, page 1048.



Surfaces en pieds de l'espace en m <sup>2</sup>	Hauteur de l'espace en mètres	Nombre des flammes de gaz	Hauteur des flammes au dessus du sol
22	4,0	253	2,052,2
32	4,5	526	2,252,5
56	5,4	9512	2,552,8
100	7,0	16520	2,853,4
156	9,5	25530	3,454,0
246	12,5	40550	4,054,6
350	14,0	60570	4,655,3
480	15,5	1005120	5,356,0

Dans les salles de fête, le nombre des flammes donné ci-dessus est à doubler.

Un bec Argand brûlant 150 litres à l'heure et ayant un pouvoir éclairant de 2 carrels peut éclairer un espace de 25m<sup>3</sup>.

Comme la combustion de 150 litres de gaz donne lieu à la formation de 177 gr. d'acide carbonique. On voit que la quantité

(<sup>1</sup>) Nous ne connaissons pas d'expériences directes bien positives sur le volume d'acide carbonique produit par la combustion du gaz et l'éclairage. En admettant que tout le carbone passe réellement à l'état d'acide carbonique, on trouve pour un gaz normal de bouteille anglaise (Schilling, Traité de l'éclairage, page 99) que la production de 100 litres de gaz produit 60 litres d'acide. 40 litres d'acide carbonique pèsent 1 gr. 97, c'est donc 118 gr. que la combustion de 100 litres de gaz produit, et un bec dépensant 150 litres verse donc dans l'atmosphère 177 gr. d'acide carbonique.

Des expériences de Trisman, relatées par

de cet acide versée, par heure, par les brû-  
leurs ordinaires à gaz, pour l'éclairage  
d'un local de  $25\text{ m}^3$  de capacité varie selon  
l'intensité de l'éclairage de 177 à 345 gr.  
pour la capacité totale ou de 7 gr. 08 à  
14 gr. 16 par mètre cube de capacité.

Viciation par la production de gaz et de  
poussières. — Ces causes ne permettent  
aucune évaluation de prime d'abord, et doi-  
vent être soumises à l'expérience. On trou-  
vera au tableau des volumes d'air à re-  
nouveler, que nous donnons plus loin des  
résultats d'expériences pour les applica-  
tions les plus fréquentes.

L'air pur contenant de 4 à 6 parties d'  
acide carbonique sur 10,000 parties,  
(0,0004 à 0,0006), il ne nous reste main-  
tenant qu'à fixer les limites de viciation  
de l'atmosphère qu'il convient de ne pas  
dépasser pour avoir tous les éléments né-  
cessaires à la détermination du volume.

---

Flaugnien, page 1045 de l'aide-mémoire, don-  
nant aussi pour la fabrication de l'acide  
carbonique un chiffre fort approchant.

C'est par erreur que nous indiquions dans  
notre bulletin du 5 Juillet 1886, colonne 196,  
qu'un bec de gaz de 140 litres fournit 98  
grammes d'acide carbonique à l'heure, c'  
est 165 grammes environ qu'il y faut lire.

G<sub>15</sub>

d'air à évacuer.

On comprendra facilement qu'entre le degré de viciation au delà duquel la santé serait altérée et celui où l'atmosphère est saine, légère, réellement réparatrice & il existe des écarts considérables, et c'est principalement à ces diverses limites, différentes selon le point de vue auquel on se place, que sont dues les divergences que l'on signale entre les hygiénistes au sujet des volumes d'air à renouveler dans les lieux habités.

Nous allons rappeler un certain nombre d'expériences faites sur ces questions et indiquer les volumes d'air qu'il a été reconnu expérimentalement nécessaire d'évacuer pour conserver ces limites.

Il résulte des expériences de M. M. Réclét et Treblanc, à une école primaire, au Conservatoire des arts et métiers et à la Chambre des députés, qu'une proportion de 2,2 parties d'acide carbonique sur 1,000 parties d'air (0.0022) n'entraîne aucune incommodité, qu'une proportion de 4,7 parties d'acide carbonique sur 1,000 d'air (0.0047) commence à devenir gênante et qu'une proportion de 8,7 parties d'acide carbonique sur 1,000 d'air (0.0087) rend l'atmosphère lourde et insupportable.



Ces mêmes expérimentateurs ont trouvé que pour maintenir l'atmosphère au taux de 0,0025 d'acide carbonique, à la salle des députés, il avait fallu un renouvellement de  $18 \text{ m}^3$  par heure et par tête.

Des expériences faites à la Conciergerie ont donné un renouvellement de  $10 \text{ m}^3$  et, pour les hôpitaux, on a trouvé qu'il fallait au moins  $100 \text{ m}^3$  par heure et par individu.

Après discussion de ces expériences et d'un grand nombre d'autres, qu'il serait trop long de rapporter ici, le général Morin avait dressé un tableau des volumes d'air par à fournir par personne et par heure dans différents cas.

Ces diverses valeurs sont encore celles dont on se rapproche le plus dans la pratique, non seulement en France, mais aussi à l'étranger. Ainsi il indiquait pour les théâtres un renouvellement de  $39 \text{ à } 50 \text{ m}^3$  par heure et par tête, et nous voyons que le Madison Square Theater de New-York a une aération théorique de  $42 \text{ m}^3$  et que sa ventilation ne laisse rien à désirer. L'aération de l'opéra de Vienne est, en principe, de  $28 \text{ m}^3$  par personne et par heure, enfin à la salle de l'Odéon à Munich on évacue comme nous l'avons vu  $40,000 \text{ m}^3$  à l'heure pour 1,200 personnes, soit environ 32 litres par tête.

On peut donc accepter, dans l'état actuel de nos connaissances sur ces questions, le tableau ci-dessous, extrait des ouvrages du général Morin, comme indiquant le mieux les valeurs vers lesquelles il faut tendre :

	Par tête
	m <sup>3</sup> 3
Pour les chambres habitées ordinaires	30 à 40
Pour les hôpitaux :	
Salles pour malades ordinaires .	70
Salles pour opérations chirurgicales	80 à 100
Salles pour maladies contagieuses	150
Pour les prisons . . . . .	50
Pour les casernes . . . . .	30 à 50
Pour les ateliers ordinaires . . . .	60
Pour les ateliers métallurgiques . . . .	100
Pour les théâtres et les salles de concert . . . . .	40 à 50
Pour les salles de conférence . . .	60
Pour les écoles d'enfants . . . . .	15 à 20
Pour les écoles d'adultes . . . . .	30 à 35

Toute ventilation comprend deux phases : l'évacuation de l'air vicié et la rentrée d'une quantité correspondante d'air pur. Nous allons d'abord étudier les dispositions pratiques à adopter pour l'évacuation de l'air vicié.

## Evacuation de l'air vicié

1<sup>re</sup> Emploi des brûleurs-soleil

La nécessité d'atténuer la chaleur écrasante développée dans les lieux de réunion, lorsque l'éclairage devient intense, a conduit, il y a déjà plus de 30 ans, en Angleterre, à la création des appareils connus sous le nom de brûleurs-soleil (sun Burners).

Ces appareils imaginés par M. Alfred King, ingénieur de l'usine à gaz de Tiverpool, se composaient essentiellement et d'origine, de la réunion par groupes d'un certain nombre de bees-papillons placés sous une hotte en tôle de fer, surmontée d'un tuyau vertical se rendant directement dans l'atmosphère. L'intérieur de la hotte était muni d'un tuyau en tronc de cône très évasé recouvrant les brûleurs, et terminé à sa partie étroite par une valve, dont la fermeture partielle permettait d'obliger une partie de l'air et des produits de la combustion, réunis dans la cloche ainsi formée, à s'écouler par l'espace annulaire compris entre la hotte et le cône; le courant ainsi établi obligeait les flammes à prendre une position horizontale. On les disposait, au point de vue du coup d'œil, en cercles,



en étoiles.

Ces appareils sont indiqués dans le traité de Cleuz (traduction Servier).

Ces appareils constituaient une très notable amélioration sur les anciens dispositifs.

En groupant ainsi à l'orifice d'un conduit d'évacuation les flammes éclairantes, on assurait l'enlèvement complet des produits de la combustion, et on entraînait hors de la salle un volume d'air considérable au moyen de l'aspiration produite par les gaz chauds. Les flammes placées dans un courant d'air pur devenaient plus brillantes et utilisaient mieux le gaz brûlé.

À côté de ces avantages, ces brûleurs présentaient deux inconvénients principaux qui en limitaient beaucoup l'emploi.

Le tuyau en toile servant de cheminée et la hotte descendue à une certaine hauteur sous le plafond projetaient sur celui-ci une ombre noire intense tellement désagréable à l'œil, qu'on ne pouvait employer ces brûleurs dans toute salle où l'on devait tenir compte de l'effet décoratif.

Ensuite, lorsque les bûches étaient éteintes, l'air froid extérieur descendait par le tuyau de ventilation et rendait le séjour insupportable dans un certain rayon autour de ces appareils.

Ce dernier inconvénient pouvait être évité

en laissant brûler partiellement le gaz pendant le jour, mais c'était à une dépense supplémentaire, et l'aspect d'un lustre à moitié éteint, en plein jour, n'est pas agréable à voir.

On pourrait penser qu'une simple valve placée dans le tuyau vertical, ouverte ou fermée quand il est nécessaire, résoudrait cette difficulté, mais il faut remarquer qu'on courrait ainsi le risque de produire une explosion, si la valve se trouvait ouverte avant que le gaz n'ait été allumé, ce qui peut toujours se produire par négligence ou par maladresse.

Diverses solutions sont intervenues pour éviter ces deux inconvénients. Nous les signalerons en décrivant les principaux types d'appareils usités, et nous bornerons à dire en ce moment que ces solutions consistent généralement à rendre la hotte et la cheminée transparentes lorsque le foyer lumineux doit être en contre bas du plafond et à rendre l'ouverture de la valve du tuyau d'évacuation solidaire de l'ouverture du robinet réglant le gaz.

• L'emploi des cheminées verticales que nous venons d'indiquer, pour l'évacuation de l'air vicié et des gaz brûlés n'est possible, que pour les grandes salles isolées, mais chaque fois qu'il s'agit d'un éclairage

dans des maisons à étages, on doit modifier cette disposition et adopter des conduits horizontaux logés dans l'espace compris entre le parquet de l'étage supérieur et le plafond.

On peut aussi placer ces conduits horizontaux extérieurement au plafond en les recouvrant d'un coffre orné qui participe à la décoration de la salle.

L'emploi des poutres en saillie, très à la mode de nos jours, rend facile l'adoption de cette dernière disposition.

Le conduit horizontal doit autant que possible déboucher dans une cheminée verticale conduisant les produits de la combustion autour des toits.

Si la construction n'offre pas de conduits nuyés dans le mur disponibles, on fait monter le long des murs des cheminées en poteries légères ou en métal.

Avec les brûleurs-solaire à flammes horizontales, les cheminées verticales paraissent indispensables, mais on peut aussi conserver les flammes verticales dans les brûleurs-solaire en les recouvrant de petits réflecteurs (système Hunt) et alors l'appareil supporte mieux les variations qui se produisent inévitablement dans le tirage avec les conduits débouchant horizontalement.



Eclairage au gaz  
appliqué à la ventilation  
PL. 102  
Brûleurs - soleil

Fig. 1. coupe longitudinale selon AB

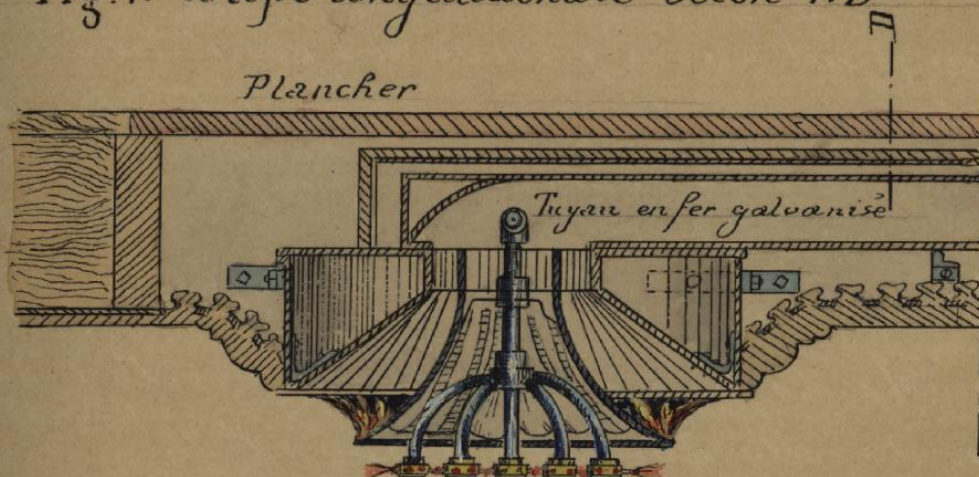
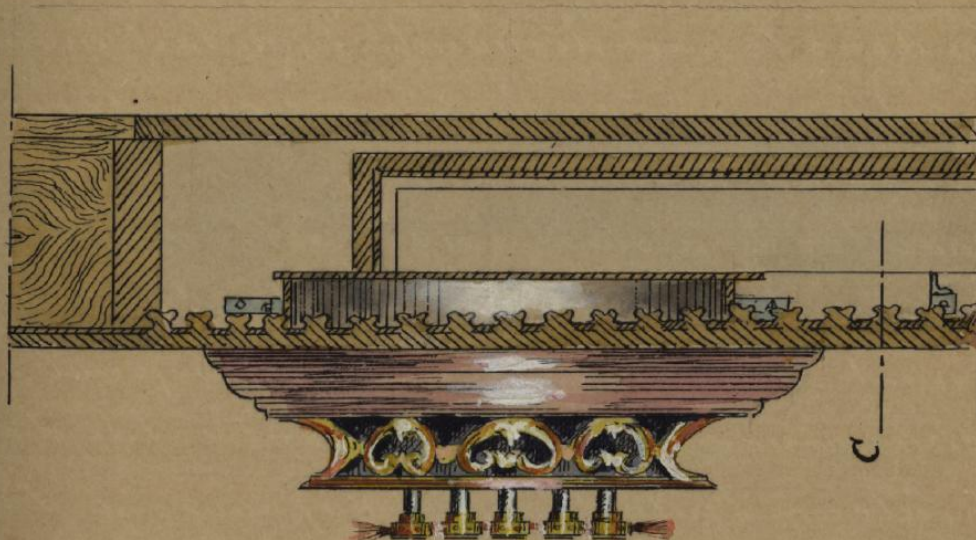


Fig. 2. Elevation



BIB CNAM  
RESERVE



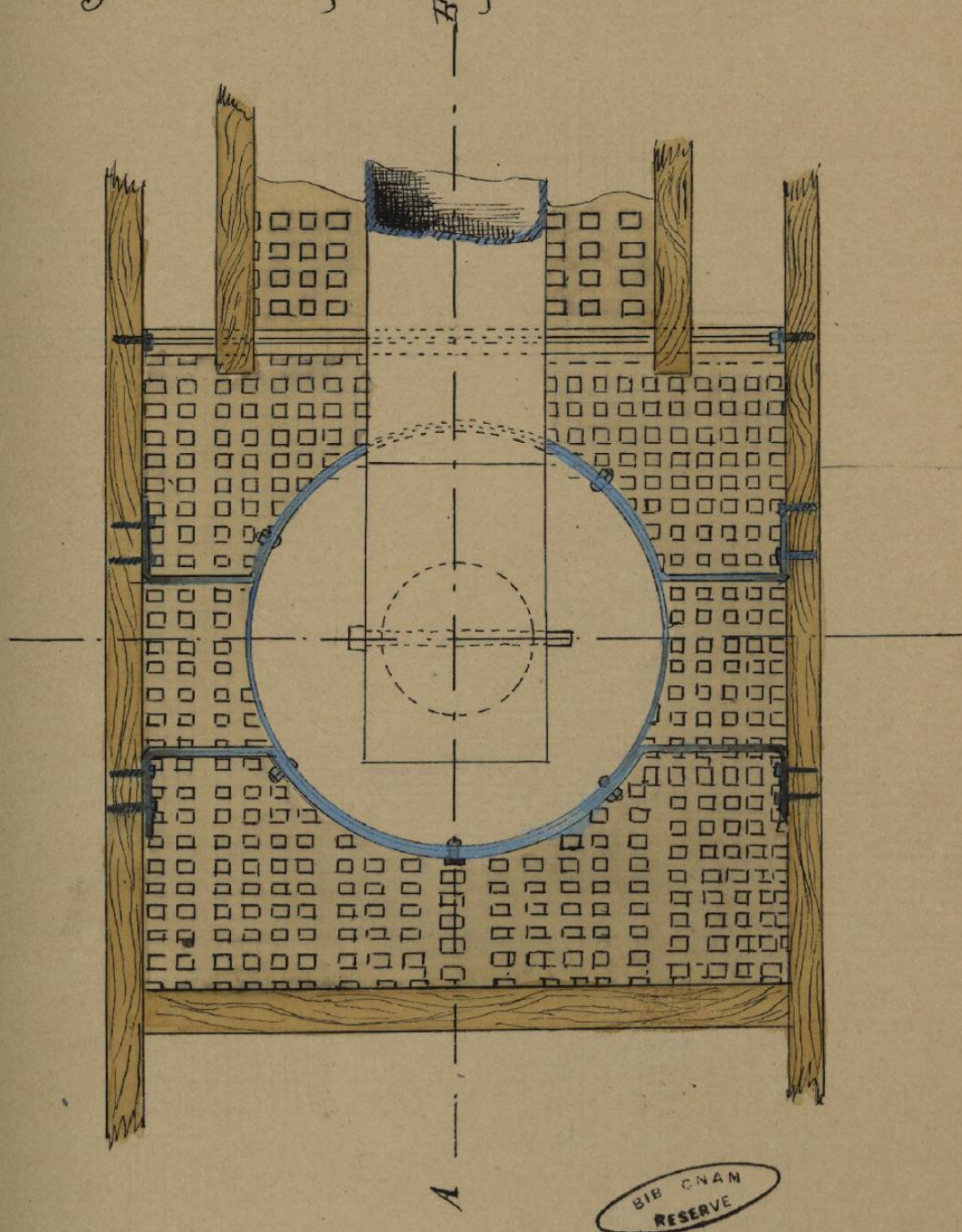


PL. 103

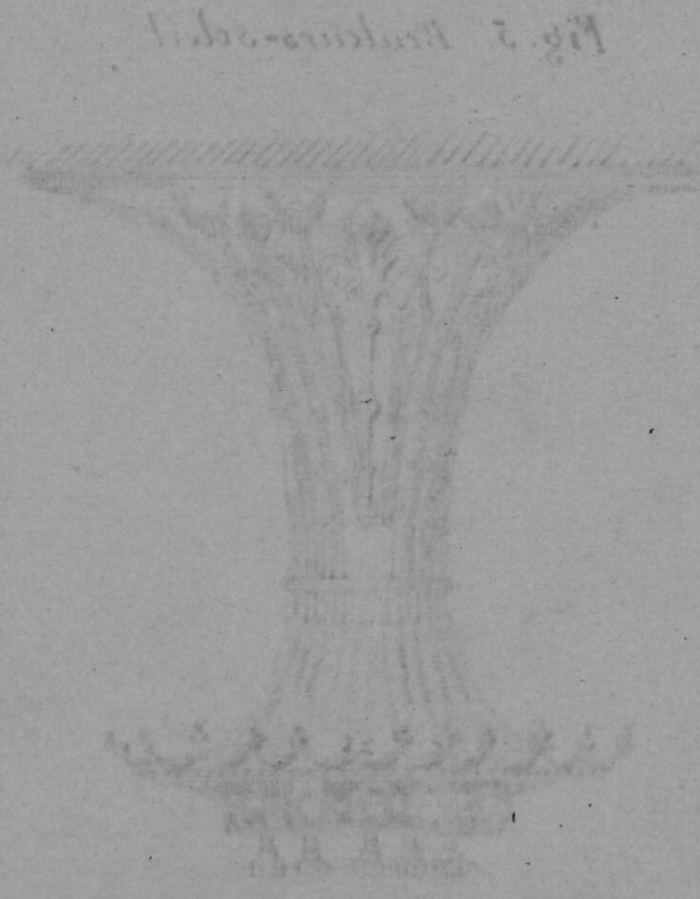
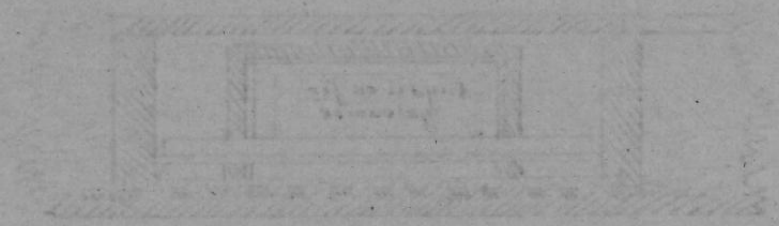
Eclairage au gaz  
appliqué à la ventilation

Brûleurs - soleil

Fig. 3 - Vue en plan, le plancher soulevé -







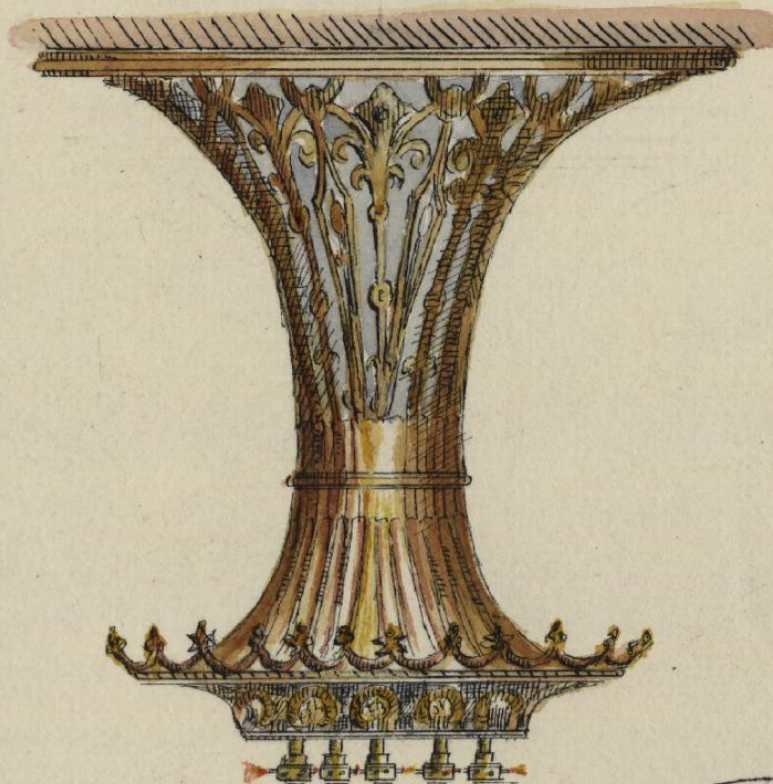
Eclairage au gaz  
PL. 104 appliqué à la ventilation

Brûleurs-soleil

Fig. 4. Coupe C.D.  
Echelle de 0,06 mètre



Fig. 5. Brûleurs-soleil



BIB. CNAM  
RESERVE



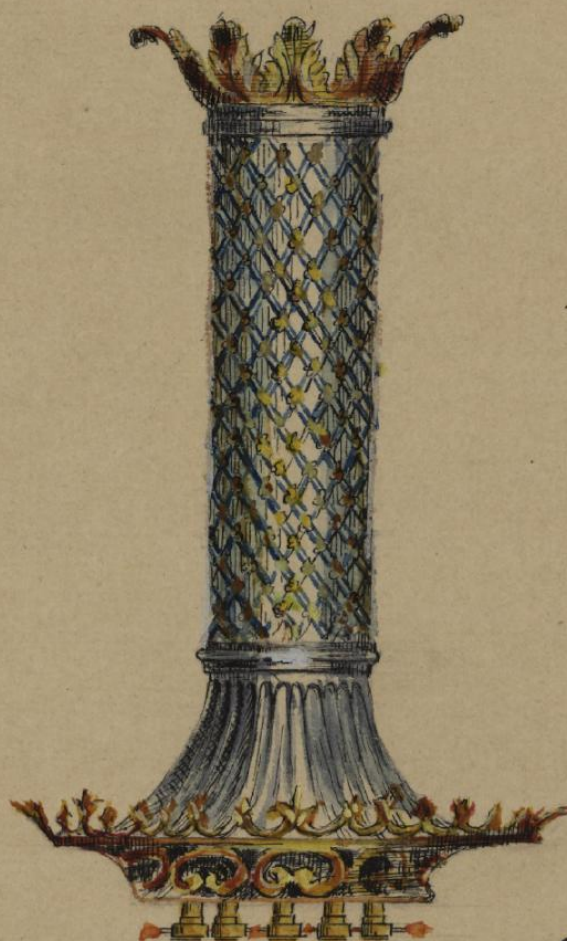


PL. 105

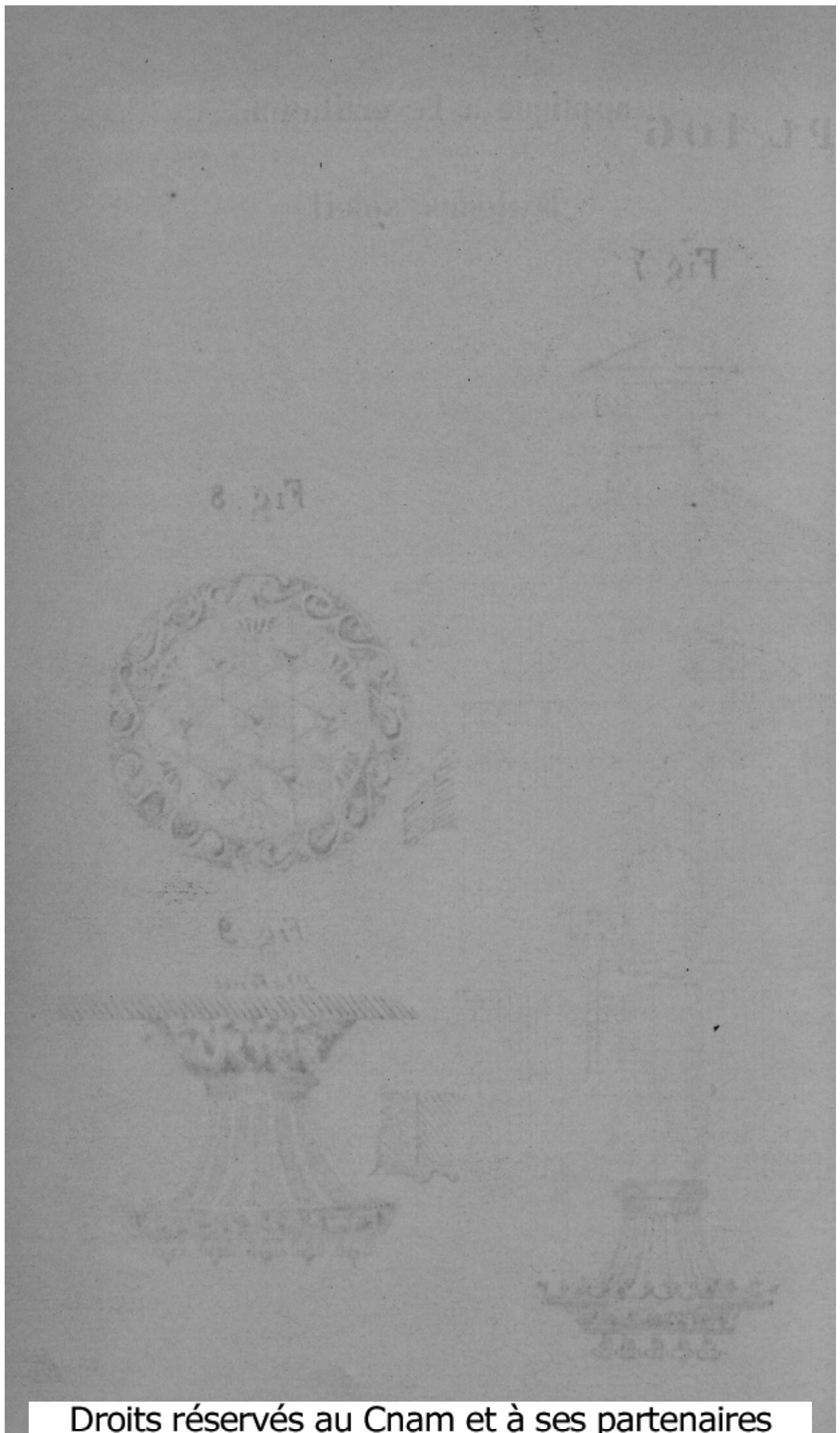
Eclairage au gaz  
appliqué à la ventilation

Brûleurs-soleil

Fig. 6



BIB. CNAM  
RESERVE





Eclairage au gaz  
P L. 106 appliqué à la ventilation.

Brûleurs-soleil.

Fig. 7

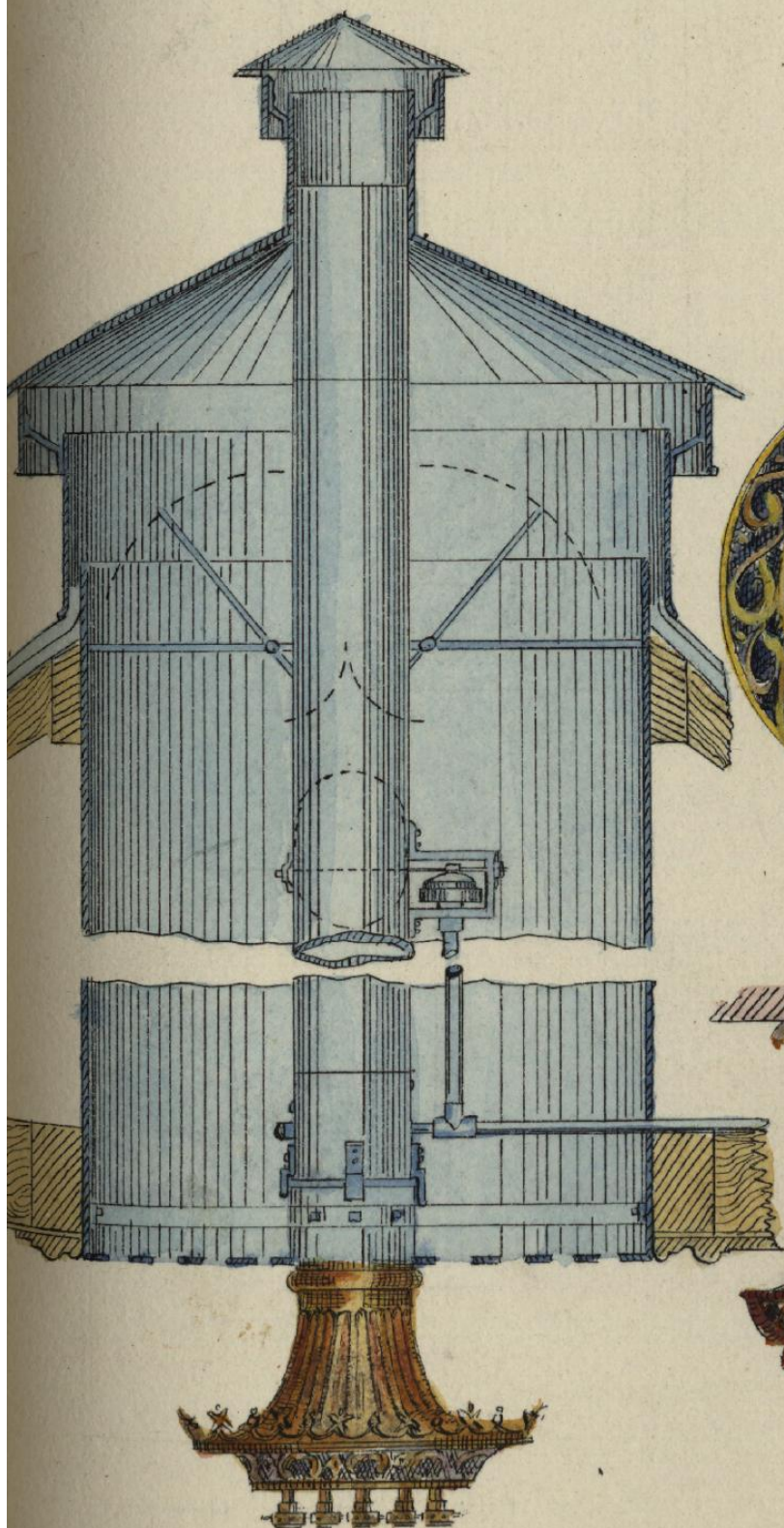


Fig. 8

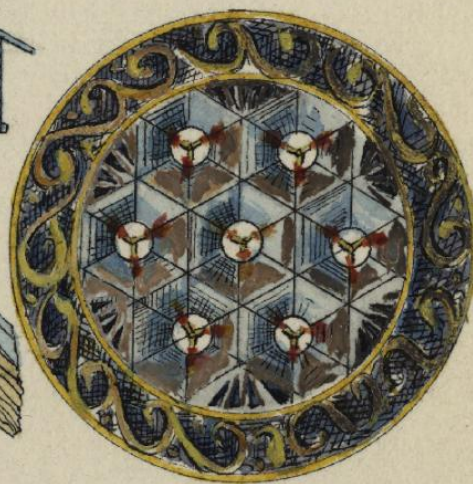
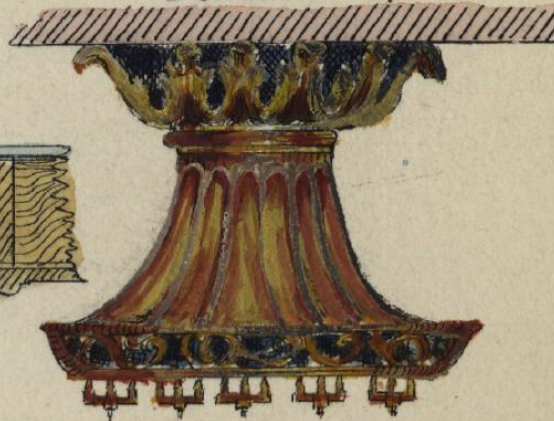


Fig. 9

Plafond



SIB CNAM  
RESERVE





Les figures 1, 2, 3 et 4 représentent un brûleur - soléil à flammes horizontales (système Strode et C<sup>ie</sup>) pour pièces de moyenne hauteur, avec conduit d'aspiration logé dans l'entre-vous.

Le brûleur soléil est ici conforme au type fondamental de M. King, que nous avons décrit, et vient s'appliquer directement à l'appareil ventilateur.

Ce dernier se compose d'un récipient cylindrique en tôle galvanisée, d'environ 0<sup>m</sup>88 de diamètre, logé en majeure partie dans l'entre-vous et maintenu par 4 pattes en fer d'environ 28 centimètres de longueur se attachant sur solives les plus voisines (1). Il reçoit par en

(1) En Angleterre, la loi oblige d'écarter les tuyaux d'aspiration des gaz chauds, en tôle, de toute construction en bois ou autres matières inflammables, d'au moins 9 inches (0<sup>m</sup>228), les constructeurs pensent toutefois qu'un écartement de 0<sup>m</sup>152 serait suffisant.

En Allemagne, l'écartement minimum obligatoire dans les mêmes cas est de 0<sup>m</sup>21.

En France, ces travaux se trouveraient soumis à l'ordonnance de police de 1843, dont nous reproduisons ci-dessous les articles 11 et 12, les plus immédiatement applicables.

Art. 11. — Les tuyaux de poêles et tous les autres tuyaux conducteurs de fumée, en métal, doivent toujours être isolés, dans toute leur hauteur, d'au moins 0<sup>m</sup>16 des cloisons dans lesquelles ils entreraient du bois.

Lorsqu'un tuyau traversera une de ces cloisons, le diamètre de l'ouverture faite dans la cloison devra excéder de 0<sup>m</sup>16 celui dudit tuyau.

très le brûleur-soléil, et par en haut le conduit d'excusation. Ce conduit est formé de deux enveloppes concentriques en tôle galvanisée, formant entre elles un matelas d'air d'environ 20 millimètres d'épaisseur et l'enveloppe extérieure est elle-même recouverte d'un enduit mauvais conducteur et adhèrent au métal.

Ce conduit, rivé au récipient à son origine, est maintenu sur le reste de son parcours par des traverses composées d'un fer à carrière fixé aux deux solives voisines. Le lattis en bois ordinaire des plafonds est remplacé, pour la partie directement au dessous du récipient et sur le passage du conduit, par des plaques en tôle perforées, comme on le voit sur fig. 154.

Le conduit horizontal se prolonge jusqu'aux murs latéraux du bâtiment et débouche dans une cheminée verticale conduisant les produits aspirés jusqu'au dessus du toit.

L'emploi d'une cheminée verticale est in-

---

Art. 12. — Aucun tuyau conducteur de fumée en métal, ne pourra traverser un plancher ou un paroi de bois & moins d'être entouré au passage par un manchon en métal ou en terre cuite. Le diamètre de ce manchon excédera de 0<sup>m</sup>10 celui du tuyau, de manière qu'il y ait partout entre le manchon et le tuyau un intervalle de 0<sup>m</sup>05.

---



-dispensable dans le cas présenté dans les fig. 154, pourvu que les brûleurs sont presque au niveau du plat fond et qu'il n'existe donc aucune colonne chaude déterminant le tirage.

Dans une certaine mesure, on admet que lorsque les brûleurs sont placés très en contre-bas du plat fond, 1<sup>m</sup>50 à 2 mètres au moins, le tuyau vertical reliant la hotte au conduit horizontal d'évacuation peut être assimilé à une cheminée, et qu'alors il est possible de faire déboucher le conduit horizontal directement dans une cour.

Le conduit doit dans ce cas à son débouché être recouvert d'un chapiteau garni de lames courbées, comme ceux placés sur les tuyaux de ventilation des fosses d'aisance, pour éviter autant que possible les refoulements. On peut aussi fermer l'extrémité du conduit débouchant à l'extérieur par un grillage recouvert de légères soupapes en mica, se refermant au moindre refoulement.

Malgré toutes ces précautions, les évacuations directes horizontales donnent souvent lieu à des plaintes, par suite des variations dans le tirage.

Lorsque les brûleurs descendent dans la salle, on peut employer des dispositions analogues à celles des figures 5 et 6 représentant des appareils Stroh pour l'éclairage en contre-bas des plat fonds.

Ces tuyaux peuvent recevoir des décorations très variées. La hotte métallique du bec-soleil est alors perforée de nombreuses ouvertures fermées par des feuilles de mica, de sorte que l'évacuation des produits gazeux se fait avec la même régularité et que le plafond se trouve convenablement éclairé.

On peut, avec des garnitures en verre taillé, analogues à celles employées pour les lustres de théâtre, décorer très richement la hotte et le tuyau d'évacuation du bec-soleil.

La salle du vaudeville, à Paris était éclairée jusqu'à ces jours derniers par un appareil Strada de ce type, dont on avait pu constater l'élégance et les bons effets au point de vue de la ventilation et de l'éclairage.

Les papillons le plus généralement employés pour les brûleurs soleil dépensent environ 200 litres à l'heure (ceux à flammes horizontales emploient des litres moins forts).

Voici quelques résultats qui nous sont communiqués :

Un brûleur soleil de 21 papillons, placé à 7<sup>m</sup>63 de hauteur, éclaire convenablement une surface de 60 mètres carrés et produit le renouvellement de l'air de la pièce en 15 minutes (environ 1600 m<sup>3</sup> à l'heure) lorsque les entrées d'air sont convenablement ménagées.

La partie centrale d'une salle de théâtre possédant un brûleur solaire (système avec réflecteurs, de Hunt) de 42 papillons est assez bien éclairée pour qu'on puisse lire aisément les plus petits caractères au parterre. La dépense en gaz à l'heure est de  $8\frac{1}{2}$  mètres cubes, et la température reste parfaitement fraîche dans la salle. Le diamètre du conduit d'évacuation, placé verticalement est de 0<sup>m</sup>66.

Les dispositions décrites précédemment s'appliquent plutôt à des pièces d'un cube moyen et peu habitées qu'à de grandes salles de théâtre, de concert, de café. L'éclairage y est considéré comme le moteur unique de la ventilation et tout le volume d'air à rejeter à l'extérieur doit passer par sa cheminée d'appel.

Avec des salles où le volume d'air est très considérable, on serait arrêté par les dimensions peu pratiques à donner aux diverses parties de ces installations. Dans ces cas, il convient, tout en employant le brûleur solaire à la ventilation forcée, de le faire aussi concourir à la ventilation naturelle de la salle.

On sait, en effet, que la chaleur dégagée par l'éclairage est loin d'être l'unique source d'échauffement de ces salles, de sorte que, sans éclairage aucun, la température



s'y élève graduellement et que leurs stratosphères devenant moins denses, tendent et elles-mêmes à s'écouler à l'extérieur, si on leur ménage des issues convenables.

La température du mélange de gaz brûlés et d'air vicié évacués, passant par la cheminée des brûleurs - soleil, possède toujours une température assez élevée, variable selon les conditions d'installation, mais qui ne s'abaisse généralement pas au dessous de  $80^{\circ}$ , de sorte qu'il est possible d'utiliser encore une notable partie de la chaleur emportée par ces gaz à rendre plus active la ventilation naturelle et à échauffer suffisamment l'air circulant dans une vaste galerie annulaire régnant autour de la cheminée du brûleur, de manière à rendre l'évacuation à peu près régulière, quels que soient les mouvements de l'atmosphère extérieure.

La disposition représentée fig. 7. pl. est celle qui convient le mieux pour ces installations. Le brûleur - soleil, construit tel que nous l'avons décrit précédemment, est placé au centre d'un manchon en tôle de grand diamètre, communiquant par sa partie intérieure avec la salle au moyen d'une rosace ajourée, et, avec l'atmosphère extérieure, par une ouverture ménagée au dessous d'un chapeau préservant ce manchon des refoulements par coups de vent.

L'air de la salle tend naturellement à pénétrer dans ce manchon, il y prend un surcroît de chaleur et s'échappe dans l'atmosphère.

La puissance de ventilation de ces dispositions extrêmement simples est très-considérable.

Pour estimer le débit d'air de ces manchons de ventilation, il faut se garder de les assimiler à des cheminées ordinaires.

Les formules qui leur sont applicables sont les suivantes :

$$f = \frac{4}{3600 V} + 6 V = 0,5 \sqrt{\frac{t-t'}{273+t'}}$$
 dans lesquelles  
 $f$  désigne la quantité d'air s'échappant par seconde en mètres cubes ;  $V$ , la vitesse d'écoulement en mètres ;  $H$ , la hauteur du conduit en mètres ;  $t$ , la température dans le manchon ;  $t'$  la température de l'air extérieur ;  $f$ , la section du canal en mètres carrés.

Il faut remarquer que l'utilisation de la chaleur employée à la ventilation décroît très rapidement à mesure que la température dans la cheminée d'appel s'élève davantage.

Ainsi dans des expériences directes, faites au Conservatoire des arts et métiers, sur une cheminée en zinc au bas de laquelle on faisait brûler des becs de gaz, le général Morin a trouvé pour diverses dépenses des becs les volumes d'air émusés suivants :<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Etude sur la ventilation par M le Général Morin, T 1. Page 260.

Dépenses en gaz par les brûleurs à l'heure	Volume d'air aspiré par mètre cube de gaz brûlé	Excès de la température qui produit l'écoulement $t - t_1$
200 litres	1,025 m <sup>3</sup>	7° 0
103 "	1,421 "	3° 5
57 "	1,884 "	2° 0

Les volumes de la colonne II, sont donnés après déduction du volume écoulé du su tirage naturel de la cheminée et qui était égal dans ces expériences à 35 mètres cubes à l'heure.

Il faut enfin remarquer que la cheminée était soumise elle-même à des causes de refroidissement assez importantes, sans lesquelles les volumes d'air aspirés eussent été encore beaucoup plus considérables.

Nous pouvons nous en rendre compte par le simple calcul suivant :

La combustion d'un mètre cube de gaz dégage 5,200 calories environ <sup>(1)</sup>. Si cette chaleur était entièrement employée à élever de 1 degré la température du mélange d'air et de gaz brûlés passant par cette cheminée, on admettant 0,24 pour la chaleur spécifique de ce mélange et en appelant  $x$  le poids d'air, on aurait :  $5,200 = x \times 0,24$

(1) Chiffre des expériences directes de M. Witz.



$\times 2$  d'où  $x = 10,833$  Kilos d'air ou environ  
8,333 mètres cubes.

La différence entre ce chiffre et celui  
de 1884 mètres cubes trouvés expérimentale-  
ment est due aux pertes de chaleur, à des  
frottement et à des remous dans le courant  
gazeux. Comme ces pertes deviennent très  
faibles dans les évacuations par manchons  
courts et par ventilateurs longitudinaux  
placés le long des plafonds des salles, on  
voit combien ces modes d'évacuations  
possèdent de puissance. Nous aurons du  
reste à revenir sur les ventilateurs lon-  
gitudinaux directs dans nos chapitres  
suivants.

Degen<sup>(1)</sup> en faisant brûler des volumes  
de gaz variables dans une même cheminée,  
a trouvé aussi les chiffres suivants, confir-  
mant pleinement le résultat des expériences  
du général Morin.

Tableau

---

(1) Voir, « Aide Mémoire de l'Ingénieur »  
par Huguenin, page 1046.

Gas brûlé à l'heure	Volumé d'air évacué en mèt. cubes	Volumé d'air évacué par rapport à la combustion d'un m. c. de gaz
200 litres	380 m <sup>3</sup>	1900 m <sup>3</sup>
400 "	560 "	1440 "
800 "	560 "	700 "
1000 "	600 "	600 "
1200 "	600 "	500 "
1400 "	630 "	450 "

Le raisonnement, comme l'expérience, démontre donc combien l'utilisation de la chaleur du gaz brûlé décroît avec l'élévation de la température des gaz évacués.

Les volumes effectivement rejetés dans l'atmosphère, par un orifice donné, ne s'accroissent eux-mêmes que très-faiblement sous l'influence de cette élévation, ainsi que le démontrent les chiffres de la colonne II des tableaux ci-dessus, et il ressort de ce fait la conséquence très importante, qu'on a tout intérêt à donner de larges sections aux orifices d'évacuation de l'air vicié et à opérer le renouvellement d'une manière très-complète.

Si on se rappelle que nous avons vu précédemment, que l'éclairage d'un espace de 25 mètres cubes de capacité nécessite une dépense de 150 à 300 litres de gaz à l'heure, selon l'état qu'on veut y atteindre, on voit qu'en se servant de la

combustion de ce gaz pour renouveler l'air de cet espace, on pourroit faire évacuer de 282 à 564 mètres cubes en se mettant dans les conditions les meilleures, ou de 153 à 250 mètres cubes, en se mettant dans des conditions plus pratiques et en accordant un excès de température de  $7^{\circ}$  au produit évacué.

C'est donc le renouvellement de l'atmosphère de l'espace éclairé, de 6 à 12 fois par heure, qui se trouve assuré par le seul fait de l'éclairage.

Le brûleur soléil représenté fig. 7, disposé pour théâtres, concert etc, est muni, pour l'ouverture du clapet d'air, d'une disposition due à M. M. Strode et C<sup>ie</sup> de Londres.

Elle consiste, comme on le voit à la fig. 7, en une cloche plongeant dans une cuve de mercure et raccordée par un bras de levier avec le clapet placé dans le tuyau d'évacuation.

L'intérieur de cette cloche est mis en communication avec le tuyau conduisant le gaz au brûleur, de sorte que lorsqu'on ouvre le robinet pour l'allumage, la cloche se souève et ouvre le clapet, et lorsqu'on le ferme, la cloche se vide et ouvre le clapet, et lorsqu'on le ferme, la cloche se vide et ferme ce même clapet.

Les trappes ouvrant et fermant le manchon



annulaire pour la ventilation proprement dite sont mises comme d'habitude au moyen de transmissions disposées selon la convenance des lieux.

Tes dispositions du système sont suffisamment indiquées par la fig. 7 pour que nous nous abstentions de toutes les descriptions supplémentaires.

Voici les dimensions principales et une évaluation approximative du coût des brûleurs soleil du système Strode.

Tableau

373

Nombre de bois	Diamètre des brûleurs soléil mètres	Diamètre du tuyau monant le gaz mm	Diamètre de ventilation mètres	Prix approximatif des brûleurs en Angleterre (Les ornements ne sont pas compris)		
				Prix du système de ventilation de tuyau de ventilation abst-vent	Prix du chapeau abst-vent	Prix des vases d'air avec cloche
6	0.380	9,5	0,127	fr. 132. "	fr. 35	fr. 125. "
12	0.430	9,5	0,152	144. "	8. "	125. "
20	0.610	12,5	0,203	204. "	10. "	130. "
35	0.786	19,0	0,253	264. "	14. "	135. "
56	0.811	25,4	0,300	312. "	17. "	145. "
104	1,117	38,0	0,380	504. "	21. "	180. "
171	1,270	51,0	0,510	720. "	36. "	250. "
297	1,830	63,0	0,636	1200. "	44. "	235. "
441	2,280	76,0	0,840	1,900. "	60. "	600. "
549	2,430	76,0	0,910	2,400. "	68. "	720. "

Les fig. 8 et 9, représentent un brûleur-soloit (système Hant). Les bacs disposés par groupes sont placés sous de petits réflecteurs à bords, en tôle de fer émaillée, qui renvoient la lumière en dessous. Les dispositions sont par ailleurs les mêmes qu'aux autres brûleurs; les produits de la combustion passent par le sommet des pyramides hexagonales formées par les réflecteurs et gagnent un tuyau vertical d'évacuation par lequel s'écoule également l'air vicié de la salle, appelé par une gallerie ajourée annulaire.

En employant un manchon comme à la fig. 7, on appelle encore l'air vicié de la salle par les espaces ménagés entre les feuilles d'acanthie formant le couronnement du brûleur.

La partie de l'appareil formant hotte est encore percée de nombreuses ouvertures fermées par des feuilles de mica de manière à écarter le plafond.

Ces brûleurs sont aussi fort répandus, on les applique beaucoup aux salles à manger, aux bibliothèques, aux salles de lecture, etc.

Le prix de ces brûleurs est de 150 francs.

---

(1) John Bent et son, Constructeurs  
Birmingham.



est de 380 francs, ceux à 35 papillons coûtent 630 francs, ceux de 42 papillons coûtent 705 francs. Ce dernier numéro suffit pour l'éclairage central et une salle de théâtre, avec ses accessoires, il est revenu à 1250 francs.

Avec tous les brûleurs soleil, lorsque les lieux demandent une ventilation permanente, comme les magasins, les cafés, etc, on place dans le haut de la hotte un ou deux becs à gaz, alimentés séparément et qui déterminent le courant pendant les périodes de non allumage de l'ensemble de l'appareil. On a vu par les expériences relatives ci-dessus l'efficacité de becs placés dans les cheminées d'appel.

## 2<sup>e</sup> Ventilation par les lampes à récupération

Dans les brûleurs soleil, le constructeur ne s'est préoccupé que d'évacuer les produits de la combustion aussitôt leur formation et d'utiliser la chaleur dégagée à l'élimination de l'air vicié, mais il n'a pas cherché à réaliser une économie sur la quantité de gaz brûlée pour obtenir un éclairage donné.

Les brûleurs à récupération de chaleur créés plus récemment, au moins d'une manière industrielle, se trouvent, en somme, se conformer les parties essentielles des brûleurs soit en ce qui concerne la ventilation, et possèdent en outre sur ceux-ci l'avantage de fournir un même éclairage avec une dépense de gaz bien moindre.

Les lampes à récupération, munies de tuyaux de ventilation, présentent donc, dans un très grand nombre de cas, un avantage très marqué lorsqu'il s'agit d'obtenir un éclairage dans de bonnes conditions de confort et d'hygiène.

Des types bien étudiés de ces appareils existent en outre dans le commerce et permettent d'atteindre sans tâtonnement le résultat cherché, pourvu que le montage soit fait avec soin et en suivant les indications des constructeurs à cet effet.

Nous allons entrer dans d'assez longs développements sur ces applications qui sont d'un usage journalier.

La fig. 10, représente une lampe Weinman disposée pour l'éclairage d'une salle avec tous les accessoires relatifs à la ventilation.

Le gaz est amené par le tube de fer (gaz supply) et pénètre dans la lampe, dont nos lecteurs connaissent déjà les disposi-

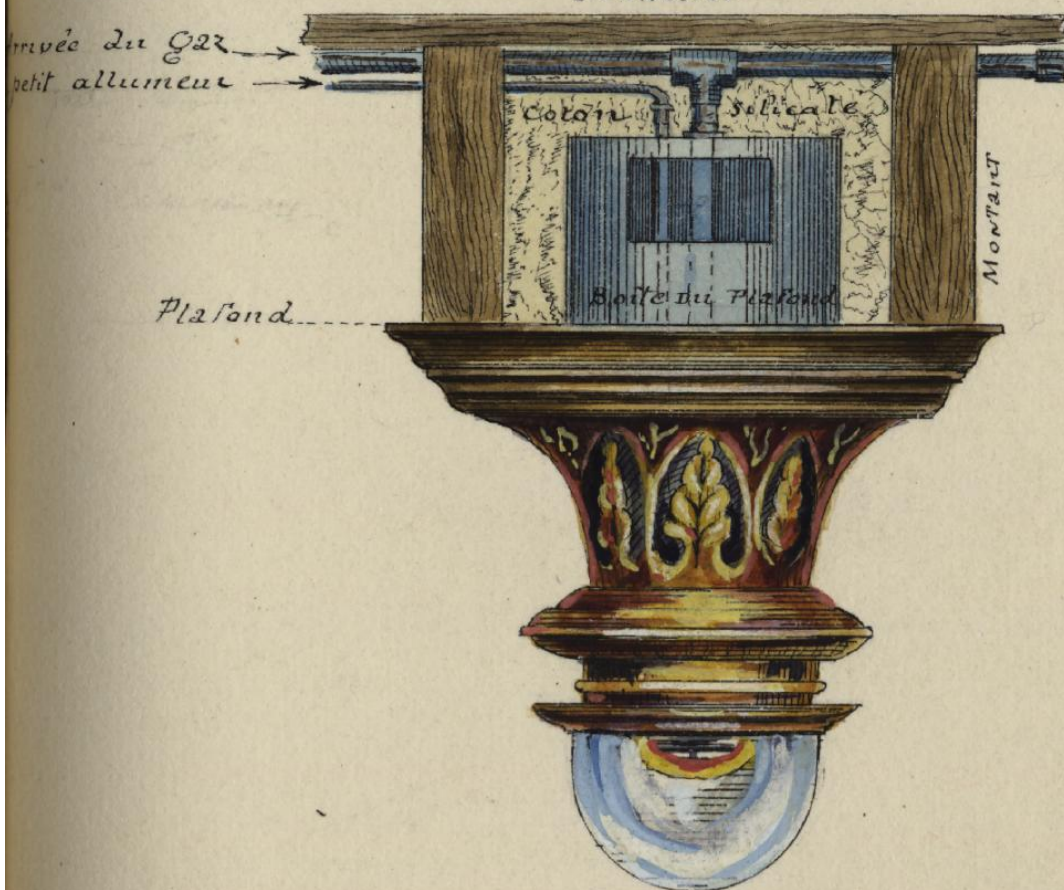


Éclairage au gaz  
appliqué à la ventilation

Lampe Wenham

Fig 10

Plancher



BIB. CNAM  
RESERVE





-tions (\*) les produits de la combustion se rendent par la cheminée de l'appareil, dissimulés ici dans la rosace de ventilation, dans la boîte de recueillement (ceiling box) où ils se réunissent à l'air vicié de la pièce, aspiré par les vides ménagés dans la rosace, et s'échappent ensemble par le conduit horizontal (flue) dont on aperçoit la naissance à la gravure fig. 10.

Toutes les lampes à ventilation Wenham sont munies d'un second tuyau d'alimentation de gaz (pilot light) destiné à alimenter un petit bec séparé brûlant en veilleuse avec un jet de 13<sup>mm</sup> de hauteur.

Cette veilleuse sert à l'allumage de la lampe, dont il suffit dès lors de tourner la clef. Lorsqu'on veut obtenir l'éclairage, et entretenir dans les conduits de ventilation un courant constant qui permette de renouveler l'atmosphère des salles où ces brûleurs se trouvent disposés, en dehors des périodes d'éclairage. Elle évite enfin tout danger d'explosion dans les conduits d'évacuation, danger qui existerait si l'alimentation de gaz se trouvait ouverte sans qu'une lumière n'ait été présentée.

La boîte de recueillement des produits etc

---

(\*) Voir Journal de l'éclairage au gaz. Rapport sur les lampes à récupération par M. Coindet p. 260. 1887.

La combustion, placée dans l'entrevous du plafond des salles éclairées, et les conduits d'évacuation doivent être parfaitement isolés, soit par une double enveloppe maintenant un matelas d'air, soit par une épaisse couche de « siliceste coton » (laine de scorie, en France) ou d'autres matières isolantes. Du reste ces dispositions sont soumises aux diverses prescriptions légales que nous avons rappelées précédemment et bien que nos renseignements soient assez peu positifs sur ce dernier point, nous pensons que la température du mélange gazeux recueilli dans les boîtes de plafond doit être en moyenne de 80 degrés. Dans un grand nombre de cas, il serait trop difficile ou trop coûteux de loger le récipient collecteur et les conduits d'évacuation dans l'entrevous des plafonds des habitations. On peut tout aussi bien les placer extérieurement comme l'indique la fig. 12.

A est le conduit d'évacuation, entouré d'une couche de laine de scorie B, logé dans une moulure en zinc ou autre métal G, employé au point de vue de l'effet décoratif. D et E sont les alimentations de gaz.

L'emploi des lampes à récupération comme agent de ventilation se prête à diverses combinaisons représentées dans



PL. 108

Éclairage au gaz  
appliqué à la ventilation

— — —  
Lampe-applique Wenham



Fig. 11

BIB CNAM  
RESERVE



les dessins reproduisant ceux que nous devons à l'obligeance de la Wenham Company, dont on connaît l'expérience et l'habileté dans ces sortes de travaux.

La fig. 11 représente une lampe à récupération avec bras pour former optique contre un mur. L'air vicié est appelé par la partie ajourée représentée au dessin de la lampe.

Pour l'éclairage des billards, des salles de lecture, on adopte de préférence la disposition fig. 13. L'air vicié de la pièce est appelé par la rosace supérieure et par la partie découpée située à demi hauteur.

On peut réunir plusieurs lampes sur un même conduit d'évacuation horizontale et faire aboutir plusieurs de ces conduits à une même cheminée verticale. Une grande régularité dans le tirage de la cheminée est un point essentiel à obtenir, parce que les lampes peuvent produire sans cela du noir de fumée et donner lieu à des dépôts dans les conduits. Il nous semble même indispensable de se réserver toujours le moyen de les nettoyer en cas de besoin.

Les têtes des cheminées faisant saillie au-dessus des toits doivent être recouvertes d'un chapiteau empêchant les refoulements que pourrait produire le vent.

Voici les dimensions des diverses parties de ces installations avec les lampes de la



Wentham Company.

Les numéros des lampes dont il va être question correspondent aux dépenses en gaz indiquées ci-dessous et produisent un bon éclairage des surfaces horizontales suivantes :

Numéros des lampes	Dépenses de ts lampes par heure	Surfaces éclairées par les dites lampes
1	170 à 227 litres	21 mètr. carrés
2	254 à 311 "	36
3	339 à 396 "	53 $\frac{1}{4}$
4	566 à 679 "	83 $\frac{3}{4}$

Si l'on suppose que ces surfaces appartiennent à des salles ayant 4 mètres de hauteur pour les lampes 10 et 12 et 5 mètres de hauteur pour les lampes 14 et 13, on trouve pour les cubes respectivement éclairés  $81\text{m}^3$  —  $144\text{m}^3$  —  $266\text{m}^3$  — et  $419\text{m}^3$ , ce qui correspond à des dépenses respectives en gaz de 61 litres — 49 litres — 34 litres et 59 litres, par 25 mètres cubes de capacité éclairée, au lieu d'une dépense de 150 litres de gaz qu'on admet comme généralement nécessaire avec les becs Argand pour l'éclairage d'un mètre cube. (1)

(1) Journal de l'éclairage au gaz. 5 Janvier 1888.

Page 8, colonne 2.

Cette différence dans les consommations peut être attribuée à la bonne construction des brûleurs à récupération, bien qu'il soit nécessaire de remarquer qu'avec ces lampes la partie haute des salles ne possède qu'une lumière bien moins vive qu'avec les brûleurs Argand, et que l'emploi du réflecteur, avec ses avantages et ses inconvénients, entre pour une part dans cette économie.

Le diamètre des rosaces pour les lampes représentées fig. 10 et 12 varie de 0<sup>m</sup>38 à 0<sup>m</sup>685 selon les numéros des lampes, et les sections des tuyaux d'évacuation varient également de 50 à 150 centimètres carrés selon le numéro des lampes auxquelles on les applique.

La lampe fig. 10 complète avec sa rosace en cuivre, bec pour veilleuse et boîte de recueillement pour le jet fond coûte, en Angleterre, de 140 à 350 francs selon le numéro de la lampe. Des appareils plus simples dans le genre de la fig. 12, coûte, également, en Angleterre, 93 francs pour le n°1; ce sont les meilleurs marchés.

Le mètre courant de tuyaux en tôle galvanisée coûte de 0<sup>f</sup>41 à 0<sup>f</sup>82 le mètre courant selon la section.

La figure 14 représente la disposition employée par Bower pour ses lampes à ventilation.

En séparant complètement la lampe des pièces destinées à l'évacuation des gaz brûlés et de l'air vicié, on diminue notablement l'influence du tirage de la cheminée extérieure verticale sur le fonctionnement de la lampe elle-même ce qui constitue un réel avantage ; il est d'un autre côté peu admissible, qu'il résulte du petit écartement régnant entre la lampe et la base de l'aspirateur, un échappement ou une diffusion sensible des gaz de la combustion dans la pièce.

Avec cette disposition, les mêmes lampes peuvent se monter ou non avec le dispositif destiné à la ventilation.

Il existe quatre grandeurs pour ces lampes, et les divers accessoires nécessaires à l'évacuation des gaz chauds se vendent, en Angleterre, aux prix suivants :

Numéros des lampes	Dépenses de la lampe seule	Prix de la boîte de recueillement		Prix du pendule ventilateur		Prix du mètre courant du tuyau d'évacuation	
1	198 lit.	8	20	10	45	"	80
2	283 "	8	20	10	45	"	80
3	425 "	8	20	10	45	"	80
4	850 "	14	35	10	45	"	80

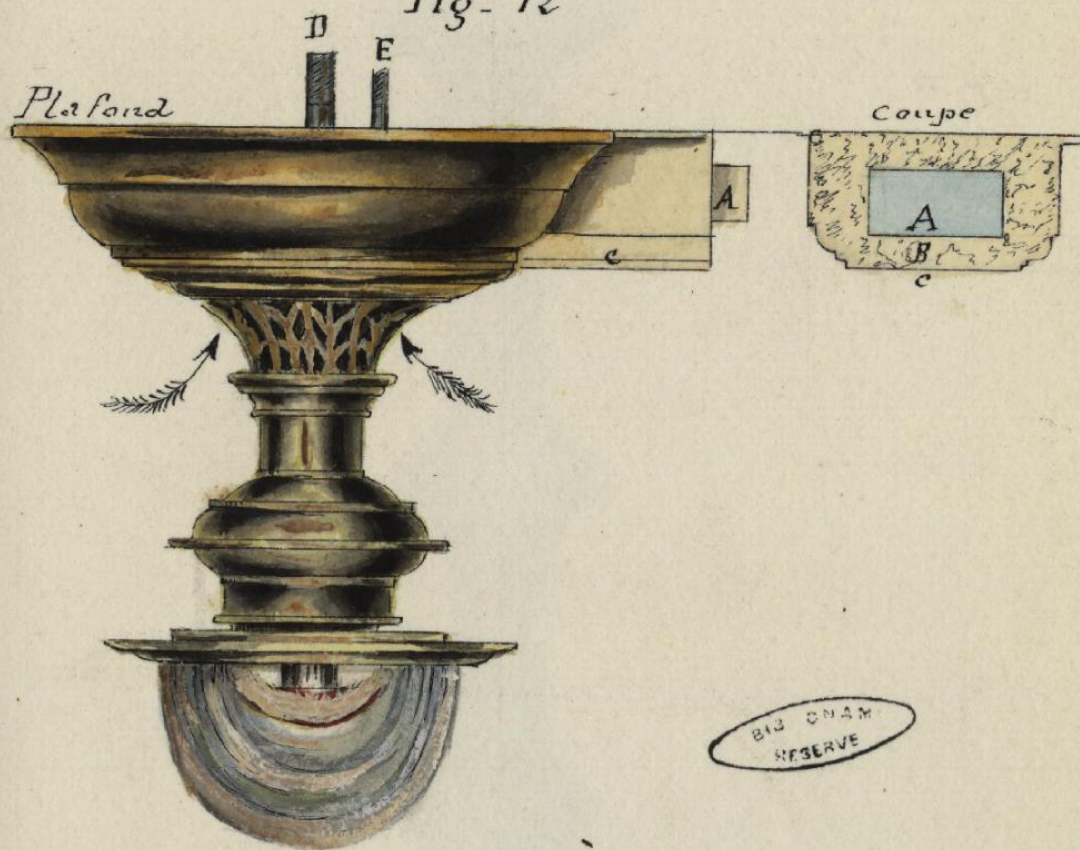
Dans les divers dispositifs employés par les autres constructeurs pour la ventilation par les appareils d'éclairage à récupération et notamment par la maison Siemens, en Allemagne,



Eclairage au gaz  
appliqué à la ventilation

Lampe Wenham

Fig. 12







PL. 110

Eclairage au gaz  
appliqué à la ventilation

Lampe Wenham

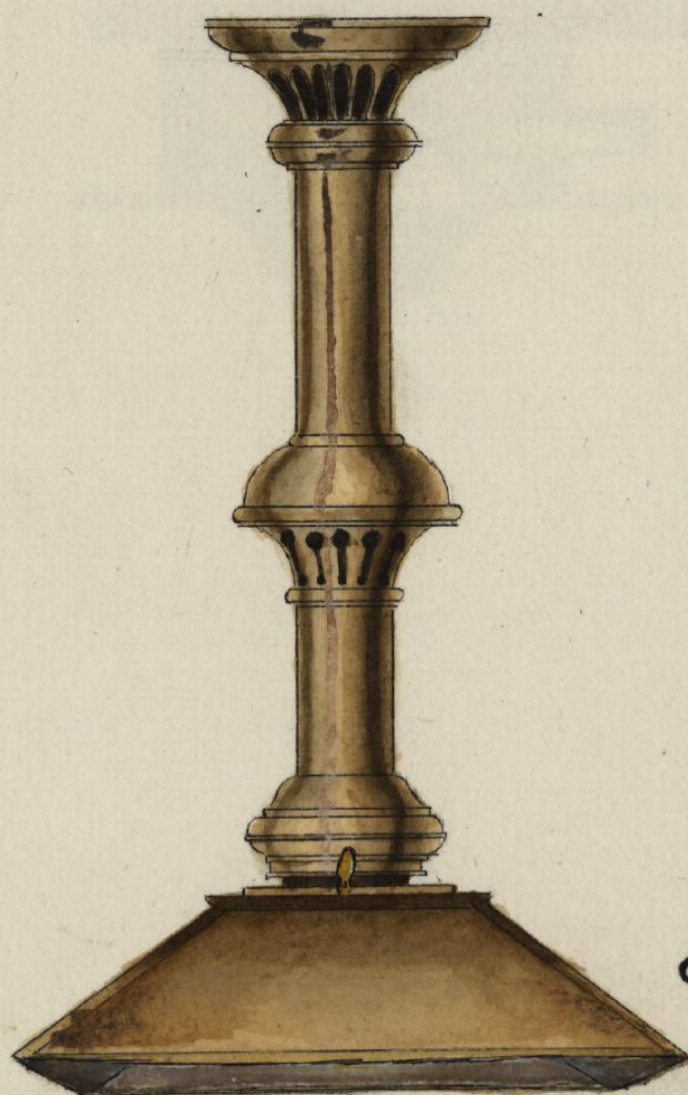


Fig. 13





Éclairage au gaz  
appliqué à la ventilation

Lampe Bower



Fig. 14

— Air

— Produits de combustion

PIB Cnam  
RESERVE





Eclairage au gaz  
appliqué à la ventilation.

Lyre à réflecteur

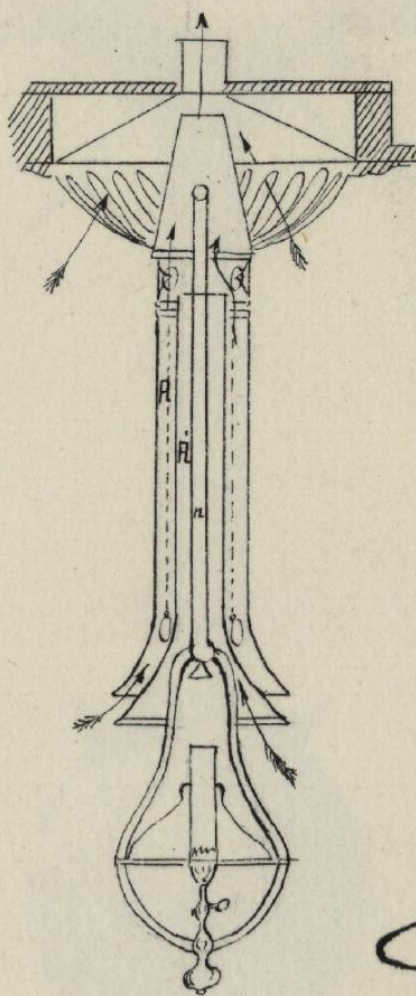


Fig. 15

BIB. CNAM  
RESERVE





Eclairage au gaz.  
appliqué à la ventilation.

Lampe à boule



Fig. 16

→ air  
→ Produits de combustion  
→ arrivée de gaz

BIB CNAM  
RESERVE





nous n'avons rien vu de particulier qui nécessite une mention spéciale.

En somme, le coût d'une installation avec lampes destinées à la ventilation n'entraîne pas de dépenses qui puissent faire reculer une très grande partie de la clientèle des usines à gaz, lorsque ces travaux sont faits par des installateurs consciencieux ou par les soins des Compagnies de gaz elles-mêmes. Il y aurait grand intérêt à les propager.

En dehors de ces lampes spéciales, il existe encore quelques appareils d'éclairage munis de dispositions particulières qui leur permettent de s'appliquer aux conduits et d'évacuation et aux cheminées verticales.

En Autriche et en Allemagne, on a fait breveter récemment le dispositif fig. 15 qui peut s'appliquer à tous les genres d'appareils, et qui a en outre l'avantage de pouvoir s'abaisser avec la lampe. Nous n'avons pas de renseignements sur la valeur pratique de cette disposition.

Un appareil plus ancien, mais très employé en Angleterre, particulièrement pour les vestibules, antichambres, magasins, est représenté fig. 16.

C'est une grosse bouteille de verre terminée par un tube aboutissant à une rosace et à un système d'évacuation tout semblable à ceux précédemment décrits. Les bacs

brûlent dans la bougie et peuvent être d'un système quelconque. On peut, au lieu d'une bougie, employer aussi, une lanterne complètement close d'un modèle quelconque.

Ce dispositif utilise très bien le gaz au point de vue de la ventilation et convient beaucoup aux édifices publics, aux maisons de santé, aux vestibules des maisons particulières, etc. et dans tous les lieux où l'on a besoin d'une ventilation puissante et d'une lumière modérée.

On a parlé à diverses reprises, en France, de petits tubes pouvant se placer à la suite des fumivores ordinaires des appareils pour évacuer les produits de la combustion. L'idée en elle-même est certainement exacte, mais si l'on veut bien calculer le diamètre qu'il serait nécessaire de donner à ces tubes et qui serait toujours bien supérieur à celui donné pour un même débit de gaz au conduit d'évacuation d'une lampe à récupération, on reconnaîtra l'impossibilité de mettre à exécution un tel projet avec les dispositifs qu'on lui prête. Comme il faudrait du reste isoler les conduits d'évacuation, en raison de leur température élevée, on serait amené à adopter les dispositions que nous avons indiquées pour les brûleurs soléil et pour les lampes à récupération.



### 3<sup>e</sup> Ventilation par les lampes ordinaires

---

Dans un grand nombre de cas, soit par raison d'économie, soit en raison de la disposition des lieux, il est difficile d'appliquer les divers modes de ventilation que nous venons d'énumérer et qui nécessitent tous une dépense encore assez notable. Toutefois, il faut remarquer, qu'en employant les brûleurs à récupération, on trouve dans l'économie réalisée sur le gaz brûlé un amortissement assez rapide de ce supplément de dépenses.

Quoiqu'il en soit, on se trouve souvent en face du problème consistant à avoir à renouveler dans des conditions aussi tolérables que possible, l'air de pièces, avec les seuls appareils d'éclairage existants. Il est important pour l'industrie du gaz d'obtenir pour cette question, d'une application de chaque jour, des solutions qui permettent de combattre l'effet nuisible de l'éclairage dans les lieux éclairés, d'une manière aussi complète que possible.

Nous avons eu personnellement à nous occuper de ce problème à plusieurs reprises et nous pouvons affirmer qu'en combinant avec attention de petits moyens, on arrive à des résultats fort satisfaisants et qui

rendent les pièces très habitables.

Le premier soin à prendre est de relever les lumières autant que le permet l'effet décoratif, de manière à éviter que la chaleur rayonnante émise par les flammes vienne frapper la tête des personnes installées dans la salle. Les becs brûlant dans des globes opales ou opalinisés en partie, recouverts de calottes formant réflecteurs, supportent très bien cet exhaussement des foyers lumineux. Il faut éviter autant que possible les gros lustres, et fournir l'éclairage par des lampes ou de petits bouquets de lumières répartis dans la salle. Lorsqu'on se trouve en présence de lustres, il est avantageux d'employer avec les Becc Arzand, ou les becs papillons, des plateaux de verre à la base, formant écran, le rayonnement est ainsi moins prononcé. Rappelons à ce sujet, que la céruse, la colle de poisson, la gomme laque, ne se laissent que très difficilement traverser par les rayons calorifiques et qu'un mince enduit de ces substances peut rendre de grands services.

Les gaz chauds s'élèvent vers la partie supérieure de la pièce et s'y confinent. Lorsqu'une pièce est un peu haute, on peut considérer sa partie supérieure comme formant la boîte de recueillement des produits

de la combustion que nous avons vu placer dans les appareils de ventilation. La température dans cet espace peut être bien plus élevée que dans la pièce sans occasionner d'inconvénients, si des courants d'air ne viennent pas refouler ces produits chauds dans la salle.

Au dessus de la scène d'un théâtre, dans les parties élevées, on constate 55 et 60 degrés et même 70 degrés de chaleur, pendant que sur la scène la température atteint à peine 30°.

Dans un appartement de 4 à 5 mètres de hauteur, on peut maintenir le long du plafond une couche de gaz à une température bien supérieure à celle de la pièce, sans qu'on en ressente en bas d'effets nuisibles. Le problème est donc de faire évacuer cette couche chaude au fur et à mesure de sa formation, de manière à éviter que, par l'accumulation des gaz, elle ne vienne en contact avec les occupants.

Il y a, en conséquence, une relation à établir entre la section de ces orifices et la quantité de gaz brûlée; nous donnerons à la suite quelques résultats d'expériences sur ce point, mais nous devons faire remarquer qu'il est toujours nécessaire que les dispositions prises soient telles qu'on puisse accroître ou diminuer les orifices



d'évacuation selon les besoins.

Ce que nous venons de dire au sujet de la formation d'une couche gazeuse chaude le long des plafonds n'est applicable, ni aux édifices recouverts de voûtes épais-  
ses de maçonnerie, ni aux salles fermées par des toitures vitrées, directement en contact avec l'atmosphère extérieure. Ces surfaces très froides agissent comme réfrigérants sur les produits de la combustion et sur l'air vicié chaud, et les font retomber dans la salle. Il en résulte des remous constants qui rendent inapplicable, dans ce cas, la méthode de ventilation à niveau des plafonds.

Pour les appartements ordinaires, les orifices d'évacuation placés à la hauteur supérieure des pièces constituent un moyen très énergique et très simple de ventilation auquel on ne songe pas assez.

Dans une expérience faite en lais-  
sant déboucher directement les gaz dans l'atmosphère par la partie supérieure d'une fenêtre, la température étant de  $55^{\circ}$  au sommet d'une caisse appliquée contre le vitrage et figurant l'appartement le général Morin a trouvé que, pour chaque mètre cube de gaz brûlé, on évacuait de 390 à 400 m<sup>3</sup> et qu'on apportait

de 400 à 440 m.<sup>3</sup> (1)

De diverses expériences faites en d'autres lieux, il conclut que la combustion d'un mètre cube de gaz dans des appareils d'éclairage placés près des plafonds ou des orifices d'évacuation détermine en moyenne l'appel dans la pièce éclairée de 500 m.<sup>3</sup> (2).

On admet généralement, en pratique, que dans une pièce à une température de 10° au-dessus de l'atmosphère, en temps calme, on évacue 100 m.<sup>3</sup> par des orifices présentant une section totale de 420 centimètres carrés, ou, inversement, qu'un orifice de 100 centimètres carrés permet d'évacuer, en moyenne, 24 m.<sup>3</sup> d'air à l'heure. Ces évaluations suffisent pour les besoins courants.

(1) Etude sur les ventilations, par le Général Morin. t. I p. 346

(2) id. t. II. p. 128

*Sur la ventilation par  
l'éclairage  
au moyen de flammes de gaz renversées*

---

*Conférence faite par M. L. Elster  
à la Société pour le développement de  
l'industrie en Prusse. — Novembre 1887*

---

*Messieurs.*

*Dans la dernière réunion de notre  
Société, j'avais promis de vous faire  
une communication au sujet de la grande  
influence que les flammes de gaz renver-  
sées, auront à l'avenir pour la ventila-  
tion des édifices construits confor-  
mément aux lois de l'hygiène. Le systè-  
me a été mis en pratique pour la pre-  
mière fois à Londres dans la nouvelle  
salle d'examen (pour les étudiants  
en médecine) inaugurée par Sa Majesté,  
la reine Victoria, au mois de Mars der-  
nier.*

*L'édifice appartient à la Société des  
médecins à Londres; il consiste en un  
corps central avec deux ailes et oc-  
cupe une étendue de 30 mètres en-  
viron de chaque côté. Dans le corps  
central, il y a deux salles, l'une au-  
dessus de l'autre, ayant chacune environ*



30,5 mètres de longueur, 7,60 mètres de largeur et 4,86 mètres de hauteur ; l'aile à droite contient le laboratoire de chimie et dans celle à gauche se trouvent les salles pour les ouvriers de la technique sanitaire ; des ascenseurs amènent aux salles principales les cadavres, etc, à examiner et font, communiquer toutes les salles entre elles.

Les salles principales sont éclairées par 5 lampes à flamme renversée, qui se trouvent à environ 1,07 mèt. du plafond et qui sont munies de conduite horizontale de dégagement placée en dessous du plafond, amenant les produits de la combustion jusqu'aux murs latéraux dans lesquels un tube en poterie émaillé à l'intérieur et ayant 0.10 mètre de diamètre est logé pour chaque brûleur ; ce tube sort par le toit où il est muni d'un petit appareil qui empêche tout passage de vent en direction descendante.

Ainsi, la ventilation (c'est à dire l'entrée d'air nouveau et la sortie de celui qui a été vicié) s'effectue au moyen de tubes en poterie, avec revêtement intérieur en émail et dont l'alimentation et la décharge peuvent être réglées à volonté ; chaque puits contient un de ces tubes.

Dans les ailes de l'édifice la ventilation de chaque salle se fait d'une manière auto-

ne peut jamais pénétrer dans celui de dessus, comme cela arrive malheureusement trop souvent dans les maisons neuves où le nombre de cheminées est insuffisant.

En comptant pour chaque pilier un tube en poterie de 0,15 mètre et deux autres de 0,10 mètre, les frais supplémentaires que nécessite l'exécution de ce système, peuvent être évalués à environ 1 % du coût total de l'édifice.

On regarde cette ventilation (au moyen de tubes en poterie, encaillés à l'intérieur) comme absolument nécessaire partout où sont traitées des maladies contagieuses, comme les fièvres malingres, le typhus, etc; or, d'après les renseignements fournis à ce sujet, il paraît que ce système est adopté dans le plus grand nombre de constructions nouvelles (cercles, villes, etc), où l'on veut tenir compte des lois de l'hygiène, ce qui explique le grand développement qu'a pris depuis quelque temps en Angleterre la fabrication de tubes en poterie, à revêtement intérieur en émail.

Chaque pilier principal est pourvu de deux supports horizontaux, entre lesquels se trouvent les trois tubes en poterie; le parquet est isolé, par une couche de scories, des conduits tubulaires dans lesquels passe l'air chauffé. Tout édifice muni de ce système

de ventilation se distingue de ceux construits autrement par sa façade d'appareils se prolongeant jusqu'au tablier du toit ou, ainsi que sur les murs intermédiaires, on voit un grand nombre de tuyaux de cheminées, en poterie.

Chaque système de ventilation employé en Allemagne est représenté en Angleterre par des maisons qui s'occupent de technique sanitaire. Pour les maisons de Banque ou de Poste le chauffage préliminaire de l'air se fait par la partie postérieure de la cheminée et l'air sort par les fenêtres et par des battants ajustables, les salles étant, à cet effet, disposées en lanternes, c'est à dire qu'elles reçoivent le jour d'en haut.

Pour de très grands édifices, comme les hôtels de ville, par exemple, des moteurs à vapeur sont installés dans les caves, d'où ils actionnent les ventilateurs silencieux.

Dans l'édifice susdit, il y a sur le toit une petite construction en tôle recouverte de zinc, où fonctionne un petit moteur à gaz, avec ventilateur, de la force de 2 chevaux. Or, chaque fois que le brouillard empêche l'air chauffé de sortir en quantité suffisante, l'appareil aspire par un conduit en bois de 16 centimètres carrés de section, l'air vicié en excédant.

Dans d'autres édifices, c'est une turbine



à air qui fonctionne sous l'action d'une pression hydraulique. Dans le Palais du Parlement l'air entre du côté de la Tamise en passant par des filtres en toile qu'on peut humecter, le cas échéant, par des matières antiseptiques.

Pendant les chaleurs du mois de Juin, la température a été abaissée au moyen de manchons d'eau. Les thermomètres sont examinés toutes les heures par des contrôleurs qui notent la hauteur et remettent en place, pour l'observation suivante, les petits index en fer flottant sur le mercure, et lorsque la température fixée ( $16^{\circ}519^{\circ}\text{C}$ ) est dépassée, on la ramène par l'introduction de blocs de glace artificielle.

Dans le nouveau Palais de justice de la Cité, qui comprend 14 Cours disposées autour d'un hall immense et reliées entre elles par des bâtiments intermédiaires, la ventilation se fait d'après le système Green, qui consiste dans l'application d'une pompe à compression installée dans le sous-sol et fonctionnant au moyen d'un petit moteur à gaz ou à vapeur. La dite pompe fournit l'air comprimé à des tuyères d'injection et dejection de construction spéciale, dont une partie aspire l'air extérieur et l'introduit dans les compartiments intérieurs, tandis que l'autre partie, aspirée au

sol, exerce une action aspirante sur les tubes de sortie pour l'air qui est déchargé par le toit. En même temps, le chauffage du rez de chaussée, par des tuyaux dans lesquels passe l'air chaud, empêche tout courant en ordre inverse de se produire. La chaleur des parties supérieures des conduits facilite le tirage et augmente l'effet utile.

La Compagnie Green prétend que de la quantité d'air nécessaire 5% seulement sont fournis par les pompes, le restant est introduit par l'action de l'injecteur. Ses tuyères se règlent automatiquement (dans certaines limites) et garantissent une quantité uniforme d'air.

Partout où l'on a employé ce système, dans les édifices publics et privés, comme à bord des navires, il a donné les résultats désirés; on l'applique actuellement à bord des grands navires que la "Lloyd" nord allemand fait construire et pour lesquels cette Société reçoit des subventions de l'empire allemand.

Lorsque le paquebot "Bayern" fit son premier voyage de Southampton à Anvers, on eut dans la Manche un temps réellement mauvais, que tous les passagers furent obligés de quitter le pont et de se retirer dans les cabines, où un grand nom-

le mal de mer; on fit alors fonctionner la pompe ventilatrice (travaillant avec de l'air comprimé et une force de 50 chevaux) et le changement d'air dans les cabines fut si rapide que dans quelques heures tout le monde se trouva remis. Voici l'effet bien-faisant d'une ventilation, aussi complète sur mer que sur terre.

(Der Gastechniker)

Bec „l'Industriel“  
de 5000 litres

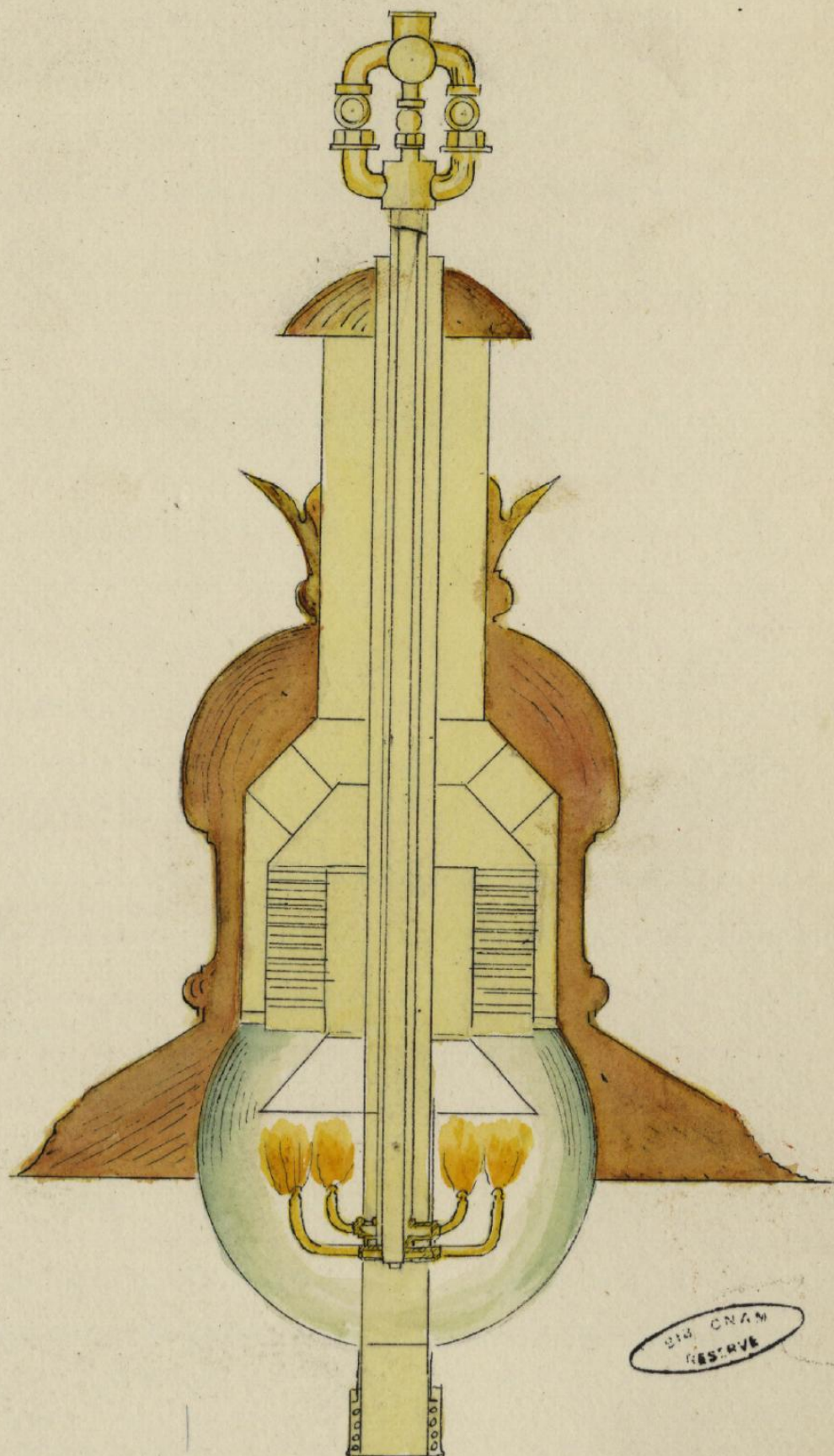
(Extrait du Journal des usines &  
gaz du 5 Août 1889)

Nous avons constaté récemment qu'on était arrivé à faire brûler 4500 litres de gaz donnant 80 carcets, dans une lanterne de ville dont les dimensions n'avaient rien d'exagéré. M. M. Bongel frères viennent de construire, sur le type du bec Industriel de M. M. Cordier et 420222, un bec à récupération dépassant 5000 litres à l'heure et donnant un pouvoir éclairant de 150 carcets. Ce bec représenté en coupe par le dessin ci-contre est muni de 66 popillons disposés sur deux couronnes.



PL. 114

Bec l'Industriel  
de 5000 litres



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



Pour donner une idée des dimensions des diverses parties de l'appareil de 5000 litres, il suffit de dire que la coupe en verre a 0<sup>m</sup>50 de diamètre.

Ce bec peut être placé dans une lanterne ou suspendu dans une lyre au-dessus d'un candélabre à l'instar des lampes à arc des installations électriques actuelles des boulevards de Paris. Quant à la dépense, si l'on compte le gaz au prix de 0<sup>m</sup>15 le mètre cube, elle sera sensiblement la même que celle d'une lampe à arc de 2000 bougies nominales.

L'emploi de becs intensifs de cette puissance est tout indiqué pour les endroits où les refuges ne peuvent être multipliés sans crainte de gêner la circulation : tel est le cas de la place du Palais-Royal, de la place de la Bastille, dont l'éclairage devient insuffisant, maintenant que l'électricité a rendu tout le monde exigeant.

Bien que les applications de foyers semblables ne soient pas très nombreuses en dehors des centres tels que Paris, il n'en est pas moins intéressant de constater qu'avec le gaz on peut, tout aussi bien et même mieux qu'avec l'électricité, obtenir des foyers de grande puissance. Il convient de ne pas oublier que, les canalisations de gaz existent déjà, les



frais d'établissement et d'un éclairage au gaz dans ces conditions seraient négligeables comparés aux dépenses que nécessite l'installation électrique.

Nous ajouterons que la place des Victoires, garnie de 18 becs « Industriel », de 750 litres chacun, est éclairée comme en plein jour ; qu'au boulevard des Italiens deux becs placés à la station des omnibus supportent très bien la comparaison avec l'éclairage électrique voisin ; enfin qu'un bec de 1,200 litres, monté sur une horloge pneumatique à l'angle du boulevard et du faubourg Poissonnière, dans les mêmes conditions que les lampes électriques, ne leur est en rien inférieur au point de vue de la quantité et de la répartition de la lumière.

---

### Bec « l'Industriel » intensif et à récupération

---

Communication de M. Patier au Congrès de la Société technique de l'Industrie du gaz, tenu à Boulogne-sur-Mer, Juin 1888.

---

Obtenir un bel éclairage avec la consommation minima de gaz a toujours été le desideratum de tous ceux qui s'occupent

de l'éclairage, soit public, soit particulier. Partant de cette idée, on s'est d'abord cherché à améliorer le brûleur, c'est-à-dire à obtenir un brûleur où le gaz, sortant sous une faible pression se présentât sous forme de nappe mince et régulière, sur laquelle on dirigerait, au moyen de dispositions diverses, des courants d'air, dont l'oxygène était utilisé à obtenir la combustion aussi complète que possible des carbures qui constituent le gaz.

Il est inutile d'entrer dans le détail de tous les essais tentés : il suffit de faire remarquer que l'air froid que l'on dirigeait sur la flamme devait se refroidir, et que, à un moment donné, la température devait s'abaisser au point que certains carbures devaient échapper à la combustion. C'était, dans cette voie la limite des perfectionnements à espérer. Il fallait donc échauffer l'air devant servir à la combustion avant son arrivée au contact de la flamme. Pour échauffer cet air, on a utilisé les chaleurs perdues de la combustion de la flamme, et on a créé les divers types de bacs dits à récupération de chaleur, dont le prototype est le bac Siemens.

Ces différents becs, établis tous sur le même principe fondamental, ont réalisé une grande économie dans la dépense du gaz; mais la plupart, à côté d'avantages réels, présentent des inconvénients qui sont tous connus de vous.

Ainsi, les becs à flamme renversée, grâce au brûleur circulaire, n'ont pas besoin d'air à une température très élevée pour obtenir un bon rendement, mais alors la lumière ne rayonne, par la disposition même du bec, que dans la demi-sphère inférieure.

Les becs à flamme droite, construits avec des brûleurs papillons (qui, par eux-mêmes, ont un mauvais rendement), ont dû être étudiés de façon à obtenir une récupération plus complète des chaleurs perdues pour compenser le mauvais rendement des papillons. Si la chaleur dégagée par ces derniers becs est un inconvénient dans certaines applications, dans d'autres, ils ont l'immense avantage d'éclairer toute la demi-sphère inférieure et une grande partie de la demi-sphère supérieure, dont le brûleur sert de centre.

Pour l'éclairage d'un bureau, d'une vitrine, les becs à flamme renversée



dans l'obscurité, tandis que, pour l'éclairage et ensemble d'un magasin, d'un atelier ou de la voie publique, les bees à flamme étroite seront préférables.

En dehors de ces considérations générales sur l'application à faire de tel ou tel brûleur, suivant le résultat que l'on désire obtenir, il y a certains inconvénients inhérents à la construction même des bees, les constructeurs de ces divers appareils ayant cherché à supprimer au dessous de la flamme toute alimentation qui, forcément projetait une ombre. L'alimentation du brûleur par en-dessous étant rejetée, il fallait amener le gaz au brûleur au moyen d'un tube qui se trouvait placé au milieu de la flamme et au milieu des produits de la combustion.

Ce tube, au bout d'un certain temps d'allumage du bec, était porté à une température telle, que le gaz avant d'arriver au brûleur était décomposé et que les dépôts formés sur les parois du tube l'obstruaient; le bec était alors hors de service et devait être nettoyé. C'est là l'inconvénient principal des bees dits à récupération, alimentés en dessous et par le centre.

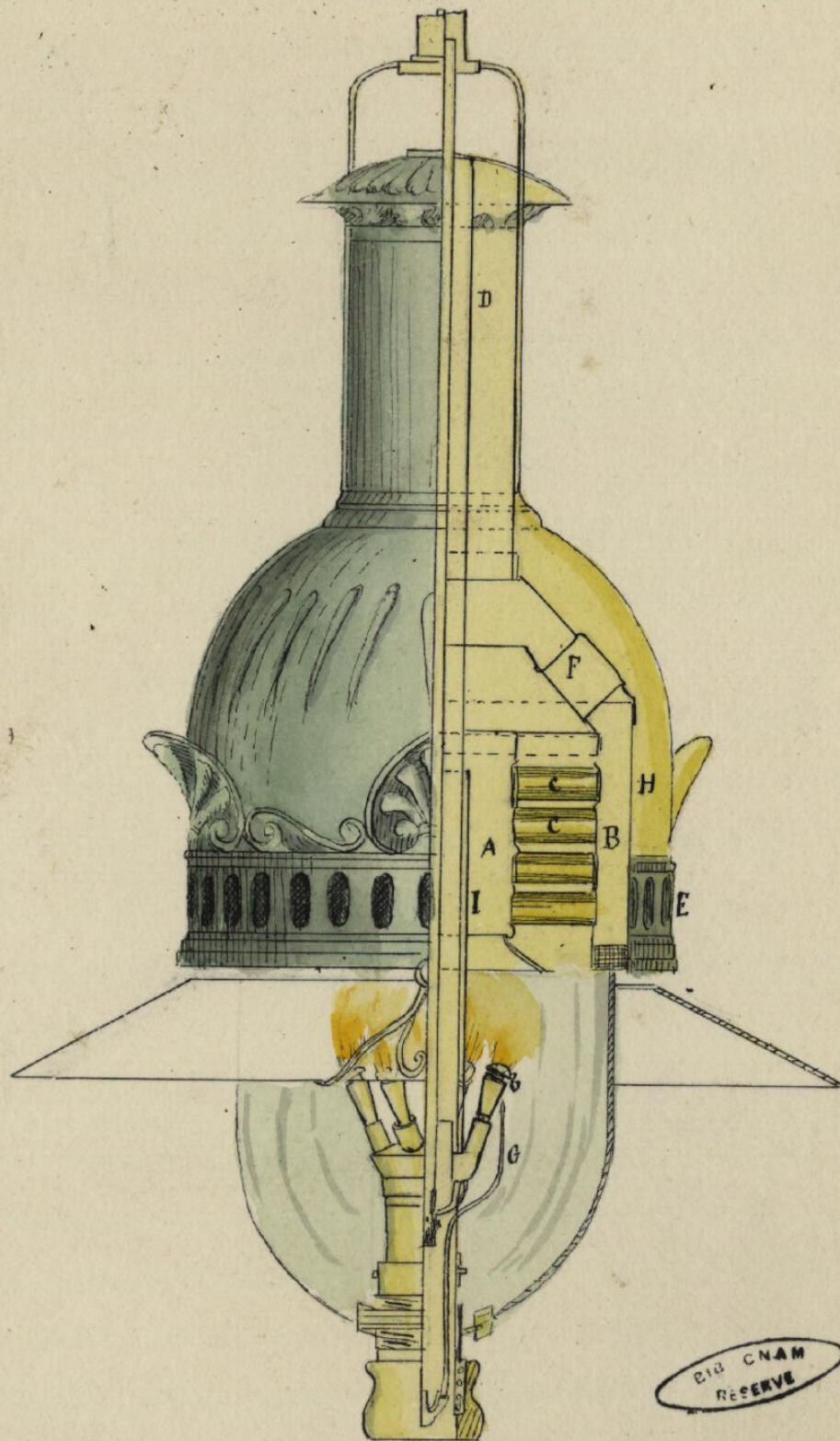
boes dont la combustion se fait dans une coupe fermée se présente lors de l'allumage, puisqu'on ne peut présenter un allumeur à l'orifice du brûleur sans ouvrir la coupe.

Pour remédier à l'inconvénient inhérent à l'alimentation par le contre et par dessus, on fait arriver le gaz par dessous, ainsi que cela existe dans le bec Danichewski et dans le bec Parisien. Mais alors on n'a pas une coupe libre et la lyre augmente la hauteur du bec, projette une ombre et nuit à l'aspect dégagé qui a fait une partie du succès des becs genre Wenham et Cromwell. Outre cet inconvénient qui, au point de vue technique, n'est pas d'importance, il y en a un autre qui est beaucoup plus grave et qui vient de ce qu'il est très difficile de bien contrer ensemble le brûleur et le récupérateur, qui sont indépendants l'un de l'autre; et il arrive que, si le brûleur est excentré par rapport au récupérateur, la flamme s'allonge d'un côté et fite en produisant du noir de fumée, mettant promptement le bec hors de service. C'est là un véritable inconvénient qu'on peut éviter pour les brûleurs placés dans une lanterne, car celle-ci peut avoir des montants assez résistants pour que le brûleur et le récupérateur puissent être maintenus l'un par rapport



PL. 115

Lampe  
à bec l'Industriel  
430.



*Demi-coupe Verticale*





à l'autre dans des positions absolument fixes.

La difficulté d'allumage des brûleurs renfermés dans une coupe close a été tournée de différentes façons.

Vous connaissez tous le procédé ingénieux de la bille de verre appliquée aux lampes Wenham; encore a-t-il le défaut d'exiger de l'allumeur l'emploi simultané des deux mains, pour présenter l'allumoir et ouvrir en même temps le robinet, faute de quoi une explosion se produit.

Dans le bec que j'ai l'honneur de vous présenter, on a cherché à supprimer dans la mesure du possible ces défauts, qui ont certainement contribué à retarder l'application générale de ces becs, bien qu'ils présentent au point de vue de l'économie de la consommation des avantages incontestables.

Toujours persuadé que l'industrie du gaz ne peut trouver de meilleur moyen de lutter contre ses concurrents qu'en offrant au public des appareils réellement pratiques, et d'un coût peu élevé, et réalisant par eux-mêmes, sans modification des tarifs, le problème de l'abaissement du prix du gaz, j'ai cru bon faire en vous signifiant le « Bec l'Industriel » les qualités qui le distinguent sont, en résumé :

Alimentation centrale sans inconvénient, le tuyau étant constamment refroidi par un courant d'air; allumage facile, et par l'extérieur, sans ouverture de la coupe et sans explosion. Je laisse pour mémoire les autres avantages qu'il partage avec tous les autres bacs à récupération. On me dit toutefois que son prix est intérieur; il est peut-être bon de ne pas omettre cette qualité.

#### Description du bac 430.

Le dessin ci-joint représente une demi-élévation et une demi-coupe verticale suivant l'axe.

La partie nouvelle, et particulièrement intéressante de l'appareil, consiste en un fourreau cheminée qui enveloppe le tube d'alimentation du gaz, partant du fond de la coupe pour déboucher au-dessus du récupérateur ou bien à la partie supérieure de la cheminée. A l'intérieur de ce fourreau, il s'établit un courant d'air qui refroidit le tube d'arrivée du gaz et l'empêche d'atteindre une température suffisante pour décomposer le gaz, boucher le tube et les brûleurs, et produire du noir de fumée.

A l'intérieur du même fourreau, se trouve un tube allumoir qui descend jus-



à travers l'enveloppe pour aboutir à la couronne de brûleurs. Au moyen d'un robinet spécial, on dirige à volonté le gaz dans l'allumoir ou la couronne.

Le récupérateur, qui se compose de deux cylindres concentriques A B, reliés entre eux par des tubes C, est tout en nickel; les produits de la combustion s'engagent à l'intérieur de l'enveloppe A qui forme chambre de combustion, et de là, passant au travers des tubes C, vont gagner la cheminée D.

L'air d'alimentation arrive par les ouvertures E, et pénètre dans le récupérateur par un certain nombre de tubes F placés sur les deux cônes.

L'air, déjà chauffé en partie sur l'enveloppe H et par son passage dans les tubes F, finit de se surchauffer en passant à l'extérieur des tubes C, placés en quinconce pour arriver dans la cuve G où sont les brûleurs.

Un tube en porcelaine I recouvre le tube central dans la portion où se trouvent les flammes.

Pour allumer il suffit de mettre la clef du robinet dans une certaine position. On présente une flamme en A, le gaz s'allume sur le petit tube et vient brûler

de la clot du robinet, le groupe de brûleurs s'allume et l'allumeur s'éteint. Dans cette manœuvre, il n'y a aucune précaution à prendre et aucun danger d'explosion n'est à craindre.

Le coupe, entièrement libre par dessous se démonte pour le nettoyage avec la plus grande facilité et ne projette aucune ombre. Par une disposition spéciale, cette coupe se trouve libre en tous sens, et, si accidentellement elle venait à se rompre, elle ne peut que se fendre et non tomber.

Les deux types mis en vente jusqu'à ce jour consomment, l'un 425 litres, et l'autre 750 litres de gaz à l'heure.

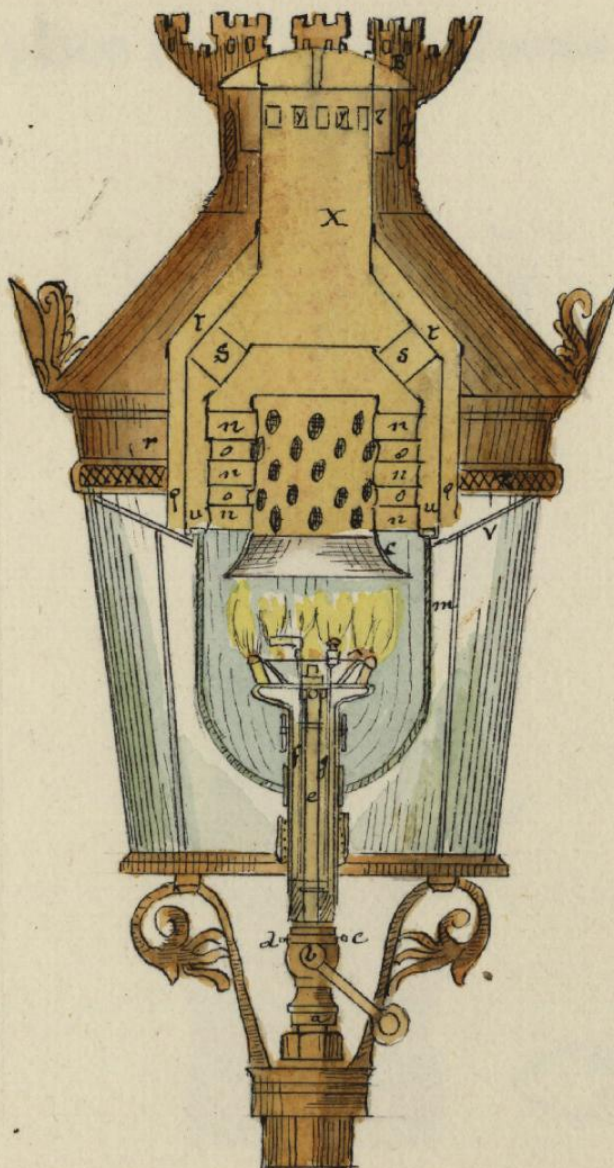
Le pouvoir éclairant, pour le premier, est de 10 carcelles, soit un rendement de 42 litres à par carcelle; pour le deuxième, dépensant 750 litres, 22 carcelles, soit 34 litres par carcelle.

---



Coupe en élévation

Régulateur  
 Robinet distributeur  
 Vis de réglage du bec de minuit.  
 Vis de réglage de la veilleuse.  
 Tube amenant le gaz à la couronne.  
 Alimentation de la veilleuse.  
 Alimentation du bec de minuit.  
 Veilleuse.  
 Bec de minuit  
 Boîte à gaz des brûleurs.  
 Brûleurs-papillons  
 Porte-coupe  
 Coupe en verre  
 Tubes en nickel du récupérateur  
 Enveloppe intérieure du récupérateur formant chambre de combustion.



12. Enveloppe extérieure du récupérateur.  
 13. Enveloppe en nickel.  
 14. Enveloppe en cuivre.  
 15. Tubes pour l'entrée de l'air dans le récupérateur.  
 16. Chambre d'air chaud.  
 17. Rondelle d'amiante.  
 18. Réflecteur de la lanterne.  
 19. Cheminée  
 20. Troux pour la sortie des produits de combustion.  
 21. Toiles métalliques très fines

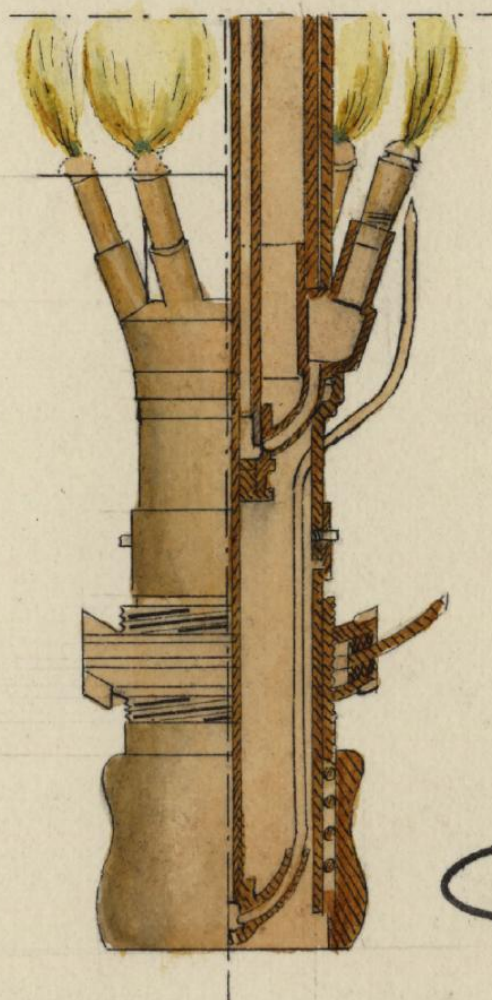
A. Brise-vent.  
 B. Chapeau protecteur pour la pluie.  
 C. Petit réflecteur en porcelaine.  
 D. Petite coupe en verre.







Dispositif de l'alimentation  
des brûleurs et de l'allumeur  
du bec l'Industriel  
placé dans une lanterne



BIB. CNAM  
RESERVE





Légende du bec l'Industriel  
Type de 750 litres

---

- a. Régulateur
  - b. Robinet distributeur
  - c. Vis de réglage du bec de minuit.
  - d. Vis de réglage de la veilleuse.
  - e. Tube amenant le gaz à la couronne des brûleurs.
  - f. Alimentation de la veilleuse.
  - g. Alimentation du bec de minuit.
  - h. Veilleuse.
  - i. Bec de minuit.
  - j. Boîte à gaz des brûleurs.
  - k. Brûleurs papillons.
  - l. Porte-coupe.
  - m. Coupe en verre.
  - n.n. Tubes en nickel du récupérateur.
  - o. Enveloppe intérieure du récupérateur formant chambre de combustion.
  - p. Enveloppe extérieure du récupérateur.
  - q. Enveloppe en nickel.
  - r. Enveloppe en cuivre.
  - s. Tubes pour l'entrée de l'air dans le récupérateur.
  - t. Chambre d'air chaud.
  - u. Rondelle d'amiante.
  - v. Réflecteur de la lanterne.
  - x. Cheminée.
  - y. Trous pour la sortie des produits de combustion.
  - z. Toiles métalliques très fines.
  - A. Brise-vent.
  - B. Chapeau protecteur pour la pluie.
  - C. Petit réflecteur en porcelaine.
  - D. Petite coupe en verre.
-



## *Etude photométrique de quelques sources de lumière*

Par M. M. J. B. Baillie et C. Fery

( Extrait du Journal l'Electricien ,  
du 3 Août 1889 )

Nous avons été amenés à étudier photométriquement un certain nombre de sources lumineuses. Nous avons déterminé :

- 1<sup>re</sup> le pouvoir éclairant en carcel ;
- 2<sup>e</sup> le poids ou le volume de combustible brûlé par unité de temps, ou les watts dépensés dans les lampes électriques.

Ces deux déterminations nous ont permis de déduire le prix de l'unité pour chaque appareil étudié.

### *Détermination du pouvoir éclairant*

Les différentes sources de lumière sont comparées à l'échelon carcel qui consiste en une lampe à huile à mouvement d'horlogerie ; le bec est rond et le verre cylindrique présente un coude.

Construite avec un soin spécial par M. Delenil, cette lampe a un fonctionnement assez régulier, et les différents types ont entre eux une grande uniformité.

Les dimensions relatives de ses différentes parties ont été données par Reaumur.



et Dumas dans leur instruction de 1860, pour le contrôle de la Compagnie Parisienne du gaz.

La mèche spéciale employée se compose de 75 brins et doit être conservée dans un endroit très sec; elle a 6 cm, 3 de long et pèse 4 gr. 25; elle ne sert qu'une fois.

On n'emploie que l'huile de colza épurée, et la lampe doit être vidée et nettoyée après chaque essai.

La flamme a environ 4 cm de haut, et le coude du verre est à 1 cm de l'extrémité de la mèche; dans ces conditions la lampe brûle environ 40 gr. d'huile à l'heure. On l'amène à sa consommation théorique (42 gr.) en agissant sur le bouton qui règle la hauteur de la flamme.

Les contrôles sont très faciles pendant la durée de l'expérience, en plaçant la lampe sur le fléau d'une balance spéciale, construite également par M. Deleuil; il suffit de noter le temps de la combustion de 5 gr. d'huile. Un petit marteau commandé par le fléau lui-même, indique à l'opérateur la commence et la fin de l'expérience.

### Photomètre

Le photomètre dont nous nous sommes servis est un prisme de porcelaine dont l'angle est de 90 degrés, et dont les faces

sont finement dépolies; il reçoit d'un côté les rayons venus de l'éclalon, et de l'autre ceux de l'appareil en étude. Un viseur dirigé sur l'arête permet de saisir nettement l'égalité d'éclairement des deux faces; à ce moment, le relief du prisme disparaît et l'arête devient invisible.

La carcel étant placée à 1 mètre du prisme, il suffit d'élever au carré la distance de l'autre lampe au photomètre pour obtenir sa valeur en carcels.

### Détermination de la dépense de l'appareil en étude.

Dans le cas des bougies, des lampes à l'huile ou à pétrole, deux pesées donnent le poids brûlé. La détermination du volume de gaz, dépensé dans les différents essais, s'effectue au moyen d'un chronomètre et d'un compteur, permettant d'évaluer le débit à  $\frac{1}{40}$  de litre près. Un gazomètre jaugé ( $\frac{40}{25}$  litres), dit clepsydre, rempli d'abord de gaz, permet de vérifier l'exactitude du compteur.

Il est nécessaire dans la plupart des cas de commencer les mesures quelque temps après l'allumage (environ un quart d'heure), pour être dans le régime normal de la combustion.

Enfin, les chiffres se rapportant aux lampes électriques ont été obtenus en

mesurant en watts (produits des volts aux bornes par les ampères) l'énergie dépensée par l'appareil.

### Résumé des expériences.

1<sup>o</sup> Les bougies de diverses marques, avec ou sans trous, de stéarine ou de paraffine, nous ont donné des résultats peu différents. Elles offrent toutes l'inconvénient de produire des variations de lumière, allant jusqu'à 20 pour 100 de leur valeur moyenne, suivant la longueur de la mèche, sa nature etc.

2<sup>o</sup> Les lampes à huile présentent, contrairement aux bougies, un régime assez variable, suivant la qualité de l'huile employée, la forme du verre, la distribution du courant d'air autour de la mèche, etc.

Il semble y avoir avantage, tant au point de vue du rendement lumineux qu'à celui du prix du carcel-heure, à employer de l'huile épurée de qualité supérieure.

L'indépendance des courants d'air extérieur et control (voyez n<sup>o</sup> 5 du tableau) semble être également une condition favorable, quoiqu'on la trouve rarement employée dans les lampes usuelles.

3<sup>o</sup> Les lampes à pétrole. — Les lampes à pétrole offrent un prix de lumière assez faible, et surtout très constant, quelle que soit la manière dont le pétrole est traité :



bec rond à verre étranglé, bec plat à verre renflé, tirage plus ou moins énergique, etc. Nous avons aussi étudié une lampe américaine sans verre, dans laquelle le tirage est produit par un ventilateur et un mouvement d'horlogerie placés dans le pied de l'appareil : ici encore le prix du carcé-heure est peu différent.

4<sup>e</sup>. Appareils à gaz. — C'est parmi les appareils à gaz que nous avons trouvé les plus grandes divergences entre les prix du carcé-heure. Les prix extrêmes sont dans le rapport de 1 à 6.

La manière plus ou moins complète dont le gaz est brûté, son débit, l'afflux de l'air, la forme du verre, etc sont autant d'éléments influant sur le prix.

Il semble avantageux, au point de vue du rendement, d'employer le gaz, mélangé d'air, à échauffer un corps solide particulier qui deviendra la source lumineuse. Ce principe a été appliqué dans le bec Clamond, où le corps solide est un petit panier en fils de magnésie et dans le bec à toile de zircone où le corps irradiant est constitué par une fine toile en zircone. Ce dernier appareil présente un rendement lumineux excessivement élevé, mais il donne une teinte particulière qui le fait paraître verdâtre auprès des

flammas ordinaires.

Si le rendement des lampes électriques est à peu près constant dans les divers modèles, pour le régime dit normal, d'ailleurs bien difficile à préciser. Dans ces conditions, les lampes demandent 3 à 4 watts par bougie, soit 26 watts par arcet. Il faut forcer le régime pour atteindre ces chiffres.

Le rendement augmente assez rapidement avec le débit électrique, mais on sait que dans le cas d'un régime forcé la durée ou vie de la lampe est fortement diminuée. Il faudrait donc faire entrer le prix de revient de la lampe dans la détermination définitive des conditions économiques d'un éclairage électrique.

6<sup>e</sup> Arc. — L'arc est le mode d'éclairage qui s'écarte le plus des sources précédentes, au point de vue de la teinte de la lumière. Les mesures photométriques sont donc très difficiles à faire.

Il y a deux sortes de rendement à considérer ici :

a. Un rendement pratique, donné par le rapport de la lumière produite à l'énergie dépensée dans le régulateur total. Cet appareil renfermant toujours des électro-aimants destinés à la régulation, il y a de ce fait une certaine quantité d'énergie

dépensée, qui est entièrement perdue au point de vue lumineux.

6. Le rendement théorique de l'arc obtenu en ne considérant que l'énergie absorbée par l'arc lui-même. Il est toujours plus élevé que le rendement pratique, certains appareils dépassant 20 pour 100 et parfois davantage pour la régulation.

Nous ne nous sommes occupés que du rendement théorique, le seul qui permette des mesures comparatives.

Il est assez variable avec la nature des charbons, leur diamètre, etc; il est indispensable de n'employer que des charbons appropriés au courant à utiliser.

Trop gros, les pointes sont courtes et écartent pour ainsi dire l'arc, au détriment de la somme de lumière donnée. Trop petits, ils se taillent en pointe très allongée, rougissent sur une grande longueur et dépensent ainsi en chaleur inutile une grande partie de l'énergie fournie.

Dans des conditions moyennes, en mesurant la lumière dans un plan horizontal, le prix du cercel fourni par l'arc n'est que de  $\frac{1}{30}$  de celui fourni par la lampe à incandescence.

Il y aurait aussi à tenir compte de la nature des courants alimentant l'arc. Si le courant est continu, la distribution de la



lumière dans un plan vertical ne peut pas être symétrique, le charbon positif restant plus chaud que le négatif, mais si le courant est alternatif, le rayonnement des deux charbons est le même.

Nous donnons, dans le tableau ci-contre, les résultats numériques de ces mesures

Tableau

# Prix de revient des différentes sources de lumière

N <sup>os</sup>	Désignation	Intensité en Carcels	Régime par heures	Prix de revient par hectare	Observations
<b>Bougies :</b>					
1	Bougies de paraffine . . . . .	0.14	8 grammes	18,5 centimes	Flamme jaunie
2	" à trois . . . . .	0.14	10 "	17,1 "	
3	" de 12 têtes . . . . .	0.14	9 "	12,0 "	
4	" pleine ordinaire . . . . .	0.15	9 "	13,0 "	
<b>Huile :</b>					
5	Lampes modérateur . . . . .	1.04	36 grammes	5,6 centimes	Lumière d'air double, Huile de colza
6	" modérateur ordinaire . . . . .	1.06	42 "	6,5 "	Épurée et filtrée
7	" modérateur ordinaire . . . . .	1.04	46 "	6,8 "	Huile de colza épurée et filtrée
8	" carcel étalon . . . . .	1.00	42 "	9,6 "	Huile ordinaire
<b>Pétrole :</b>					
9	Lampes à mèche plate . . . . .	0.81	20 grammes	2,2 centimes	Stèche de 13 millimètres
10	" à mèche plate . . . . .	2.13	62 "	2,6 "	" 50 "
11	" à 2 mèches plates . . . . .	2.07	63 "	2,7 "	" 25 "
12	" américaine sans verre . . . . .	1.82	52 "	2,5 "	
13	" à bec rond . . . . .	1.06	28 "	2,4 "	Diamètre du bec : 24 millimètres
14	" à bec rond . . . . .	1.49	51 "	3,0 "	bec ordinaire, verre à l'angle
15	" à bec rond . . . . .	0.94	30 "	2,9 "	Diamètre du bec : 25 millimètres
<b>Gaz :</b>					
16	Bec papillon ordinaire . . . . .	0.64	132 litres	6,1 centimes	Diamètre du bec : 19 millimètres
17	" Bengel . . . . .	1.10	134 "	3,6 "	bec à collets verre corail
18	" à tôle de zinc . . . . .	1.39	62 "	1,3 "	Hauteur de flammes : 6,5 centimètres
19	" à tôle de magnésie . . . . .	1.61	191 "	3,5 "	Beaucoup de réactions vertes
20	" à tôle de carbone . . . . .	3.35	135 "	?	Beaucoup de réactions vertes
<b>Incandescentes électriques</b>					
21	Lampes Edison . . . . .	0.65	29,44 watts	6,8 centimes	Acc. des yeux du régime dit normal
22	" Général . . . . .	0.72	26,74 "	7,5 "	Acc. des yeux du régime dit normal

Les  
méthodes de la photométrie

Par M. le D<sup>r</sup> H. Krüss <sup>(1)</sup>

A la dernière réunion de l'Association Allemande des ingénieurs du gaz et de l'eau, à Hambourg, M. le docteur H. Krüss a fait une communication qui, destinée aux gaziers, il est vrai, n'en présente pas moins beaucoup d'intérêt pour les ingénieurs électriciens appelés à faire des mesures photométriques.

Dans cette communication, l'auteur a voulu exposer rapidement les grandes divergences qui existent dans les méthodes de la photométrie pratique, afin d'arriver, autant que possible, à une unification dans ce domaine. Il a ainsi passé en revue les principales divisions des procédés photométriques en commençant par :

1<sup>re</sup> l'étalon de lumière. — L'unité absolue de lumière définie par le Congrès international des Electriciens en 1884, c'est-à-dire la quantité de lumière émise par un centimètre carré de surface de platine fondu à la température de solidification, ne peut qu'être comptée au nombre des

(1) D'après la lumière électrique, t. Voir Journal des usines à gaz du 5 Mai 1888.



unités pratiques. Dès le commencement, les difficultés d'établissement de cette unité l'exclurent de la pratique journalière, et les dernières recherches de M. Cross, entre autres semblent montrer qu'elle n'est guère plus exacte que les autres unités usitées jusqu'à présent.

On peut citer parmi les unités employées réellement dans la pratique : les bougies de différentes espèces, la lampe à acétate d'amyle de Hefner-Alteneck, la lampe Carcel, le brûleur à pentane de Vernon-Harcourt, l'étalon Methven, le brûleur à gaz Giroud, la lampe à benzine (Eitner, Weber).

D'après M. Krüss, la lampe à acétate d'amyle présente la plus grande constance, et offre le plus de facilité pour reproduire l'unité demandée, en ayant soin toutefois de veiller à la hauteur de la flamme.

Quant à ce qui concerne les bougies, il faut décider une fois pour toutes si le poids consommé de la bougie définit l'intensité lumineuse normale ou si c'est la hauteur de la flamme.

Dans le premier cas, il faut déterminer les limites des écarts tolérés et opter entre la mesure de la consommation pendant que la bougie brûle (Elster, Krüss) et la mesure effectuée par des pesées avant et après les comparaisons photométriques.

(Instruction du Parlement sur la bougie anglaise).

Dans le second cas il faut choisir la méthode de mesure de la hauteur de la flamme ; on peut, en effet, la déterminer à l'aide et d'un compas, par des pointés ou par projection sur une règle divisée. Il faut aussi savoir si l'on peut moucher la bougie, pour obtenir la hauteur normale de la flamme.

M. Krüss est, avec raison, pour nous de l'opinion que la hauteur de la flamme doit définir l'étalon lumineux, et non le poids de bougie consommée.

Il faudrait aussi décider s'il faut employer une ou deux bougies pour les essais photométriques, on sait qu'en Angleterre on emploie très souvent deux bougies placées côte à côte afin de se mettre autant que possible à l'abri des variations de l'intensité lumineuse de chacune d'elles. Il semble cependant très difficile de régler simultanément la flamme de ces bougies à la hauteur normale ; il faut aussi mentionner l'influence de la position latérale des bougies, influence qui ne peut cependant être considérée comme négligeable d'après des recherches récentes de M. Faehndrich que ce dernier a communiquées à la réunion des ingénieurs autrichiens du gaz.

Influence de la distance de la flamme

me à l'étalon lumineux. — La longueur du banc photométrique la plus favorable est déterminée par un phénomène purement physiologique; la sensibilité de l'œil est différente suivant l'intensité de l'éclairage des surfaces à comparer (écrans photométriques); elle est beaucoup plus faible pour des éclairages peu intenses ou très intenses que pour des éclairages moyens. Cette question n'est pas encore définitivement résolue, et de cette solution dépend la fixation de la longueur du banc photométrique.

La longueur du banc du photomètre devrait donc être plus ou moins grande suivant l'intensité de la source lumineuse à mesurer. Dans l'industrie du gaz, cette intensité est comprise entre les limites assez étroites, en sorte qu'il serait facile de fixer une longueur propre à la majorité des cas de la pratique. L'adoption générale de cette mesure rendrait beaucoup plus facile les comparaisons en éliminant certaines causes d'erreur.

Construction du photomètre. — La question du photomètre est plutôt, semble-t-il, une question de frontières qu'une question scientifique. En Allemagne, le photomètre Bunsen est généralement employé; en France, c'est le photomètre Foucault. On peut discuter longtemps sur les mérites respectifs de ces



deux instruments. Naturellement, la préférence de M. Krüss est pour le photomètre Bunsen; il motive sa prédilection en faisant observer que l'égalité des éclaircissements se détermine plus facilement par l'examen des bords de la tache de l'écran. Les appareils fondés sur d'autres principes, tels que les photomètres à polarisation, ne peuvent guère être confiés à des personnes peu expérimentées; ce qui, au point de vue de la pratique, constitue un grand désavantage.

L'écran du photomètre. — En se bornant au photomètre de Bunsen, seulement, la nature de l'écran est aussi très importante.

De quelle substance doit être formé l'écran ?

On sait que la tache huileuse n'est pas employée partout; on se sert d'autres dispositions dans lesquelles l'écran est composé de plusieurs parties d'opacité différente, ainsi du papier très épais combiné à du papier de soie ou très mince, ou une plaque métallique percée d'un trou fermé par une double feuille de papier (Angleterre).

Il faut bien insister sur l'égalité absolue de la surface des deux côtés de l'écran, afin d'éviter des erreurs constantes dans les résultats donnés par l'appareil. Si l'on emploie la tache huileuse, on remarque qu'il faut choisir un papier spécial afin d'obtenir des

bords bien limités, et de ne pas avoir de différence de teinte entre les deux faces de l'écran.

Quant à ce qui concerne la forme de la tache, ou, en général, de la partie translucide de l'écran, on peut citer la forme circulaire ou en bandes disposées parallèlement côte à côte; en Angleterre on emploie beaucoup une tache en forme d'astérisque.

La grandeur de l'écran photométrique n'a pas une bien grande influence; cependant, M. Le Roux, dans un mémoire couronné par la Société technique française du 1322, a beaucoup insisté sur l'inégale éclairement des diverses parties de l'écran, dès que ses dimensions deviennent un peu considérables.

Que doit-on déplacer dans les mesures? - Dans les différentes méthodes de mesure, on déplace l'étalon, ou la lampe à mesurer, ou l'écran, ou bien encore ce dernier lié d'une manière fixe à l'une des sources lumineuses. M. Krüss estime que les sources lumineuses ne doivent pas être déplacées, ou que, dans le cas de brûleurs à gaz, par exemple, la constance de la flamme est alors difficilement maintenue; cette remarque n'a, par contre, plus sa raison d'être dans le cas des lampes électriques.

Tous deux sources lumineuses étant fixées

aux extrémités du banc photométrique, il faut déplacer l'écran, ce qui nécessite aussi le déplacement de l'observateur; il faut alors bien avoir soin de lui conserver partout la même position relative par rapport à l'écran.

**Photométrie des sources lumineuses intensives.** — Cette partie de la photométrie pratique présente le plus de difficultés, et offre une grande importance par suite de l'extension toujours croissante des brûleurs intenses (C. Wenham, Buitjke, Siemens); nous ne citons que pour mémoire la photométrie des lampes à arc. Dans ce cas, on a le choix entre des photomètres de très grande longueur, et entre des procédés qui permettent d'atténuer l'intensité de la source lumineuse que l'on veut mesurer; parmi ces derniers, on peut citer l'emploi de lentilles de dispersion, des disques à secteurs en rotation, et aussi de foyers lumineux secondaires. On conçoit facilement combien tous ces intermédiaires compliquent les mesures et en atténuent la précision déjà si peu considérable.

Outre les questions mentionnées plus haut, la photométrie pratique peut encore en citer beaucoup d'autres qui ont aussi besoin d'unification et de bases normales bien fixées une fois pour toutes. Des mesures comparatives dans ce sens seraient très désirables,



et il est à espérer que, vu l'importance du sujet, on ne tardera pas à les entreprendre.

---

## Photométrie

---

### Sur la mesure de l'éclairement

par M. Mascart

Communication faite à la Société internationale des Electriciens. — Avril 1888

1. — Les photomètres ordinaires permettent de mesurer l'intensité des sources lumineuses ; mais cette intensité ne fournit qu'un des éléments du problème pratique. Ce qu'il importe de connaître, en réalité, c'est l'éclairement ou la clarté produite, c'est à dire la quantité de lumière dont on dispose pour se diriger et voir les obstacles quand il s'agit de l'éclairage des rues ou des places publiques, l'état que prennent les objets pour le travail manuel, la lumière que reçoit une feuille de papier pour la lecture. Cette clarté générale ou localisée dépend non seulement de l'intensité et du nombre des foyers lumineux,

de circonstances extrêmement variées, telles que la lumière réfléchi par des écrans ou diffusée par les murs et les plafonds.

On doit, pour chaque application particulière, déterminer par un choix judicieux la qualité, le nombre, l'intensité propre et la distribution des foyers. C'est une question complexe qui, à côté du point de vue économique, intéresse l'hygiène et l'art, surtout dans les éclairages de luxe.

Sans entrer dans une discussion de cette nature, où les considérations scientifiques ne tarderaient pas à jouer un rôle secondaire, il est utile de se rendre compte de l'effet que produit l'éclairage par des procédés plus précis que la seule impression souvent trompeuse de la vue.

Les termes de comparaison nécessaires dans une étude de cette nature peuvent être de deux ordres différents, physiologiques ou physiques.

1. — Deux éclairages sont évidemment équivalents quand un même objet, soumis alternativement à l'un et à l'autre, paraît acquérir le même éclat et produit le même effet sur la rétine. Qu'il est assez impropre à donner une appréciation photométrique dans le cas général : mais les renseignements qu'il

fournit acquièrent quelque précision, quand on réduit la quantité de lumière au minimum nécessaire pour une opération déterminée. C'est ce qui arrive, par exemple, dans le cas de la lecture. Si l'on veut lire couramment un texte imprimé avec des caractères d'un certain type et placés à une distance invariable de l'œil, il faut que la lumière diffusée par le papier ne tombe pas au-dessous d'un minimum défini pour chaque vue.

Quand l'éclairage devient inférieur à cette limite, la lecture n'est plus courante; on est obligé de lire chaque mot séparément, et l'on cherche en général à rapprocher l'œil du papier, pour augmenter l'angle apparent des caractères, pourvu toutefois que l'accommodation permette de les voir encore avec netteté.

On trouve les éléments d'une méthode photométrique extrêmement simple qui peut rendre les plus grands services dans la pratique.

Desprez estimait ainsi l'intensité de la lumière électrique par comparaison avec celle d'une lampe en déterminant la plus grande distance à laquelle il pouvait lire un journal alternativement éclairé par les deux sources différentes.

Si l'on compare l'expérience avec des



caractères d'inégales grandeurs, on reconnaît facilement, que, pour une même distance de l'œil, l'éclairage doit être d'autant plus intense pour la lecture courante que les lettres sont plus petites. Une feuille de papier contenant une suite de phrases imprimées avec des caractères de types différents fournira donc une véritable échelle d'éclairage. M. Schütte a imaginé, pour l'usage des photographes, un petit appareil très ingénieux basé sur ce principe. Un disque mobile autour de son centre est formé par des couches superposées de lames translucides et divisé en une série de secteurs pour lesquels le nombre de couches croît d'une manière progressive, ce qui permet de tamiser plus ou moins la lumière qui le traverse en un point. Derrière ce disque est un écran qui porte sur une même circonférence une série de types des caractères que l'on peut lire par transparence avec une fraction donnée de la lumière extérieure donne une mesure approximative de l'éclairage. Il y a dans cet appareil une idée excellente, qui était réalisée médiocrement dans le modèle que j'ai vu sous les yeux, mais qu'il serait sans doute facile et intéressant d'améliorer pour les applications qui nous occupent.

Pour apprécier la valeur de cette méthode, il serait nécessaire d'analyser ce qui se passe dans l'œil qui fait effort pour lire avec une lumière insuffisante, c'est une question de physiologie très délicate, sur laquelle nous ferons seulement quelques remarques, en prenant comme exemple le cas d'un œil presbyte dont la moindre distance de vision distincte pour un bel éclairage est d'environ 0<sup>m</sup>30, c'est à dire la distance à laquelle se fait la lecture habituelle. Quand l'éclairage diminue, l'observateur éloigne d'abord le papier comme si sa vue s'allongait; pour une lumière plus faible encore, la lecture éloignée devenant impossible, il cherche au contraire à rapprocher le papier de l'œil pour augmenter l'angle apparent des caractères, mais le défaut d'accommodation ne leur permet plus de voir nettement, et il est obligé d'avoir recours à ses aides. Le moment où l'on cherche ses lunettes à la tombée du jour correspond ainsi à un éclairage bien défini.

Il est clair que la rétine qui exige une certaine quantité de lumière pour transmettre l'impression du contour et l'objet, mais ce n'est pas la sensibilité de la rétine qui fait d'abord obstacle à la netteté de la vision. Avec un bel

éclairage, l'iris se contracte de manière à n'utiliser qu'une région très limitée du cristallin, et ce diaphragme automatique permet d'obtenir des images très nettes, quand même la rétine ne serait pas exactement dans le plan où elles se forment. A mesure que la lumière s'affaiblit, la pupille se dilate, les images deviennent plus confuses, soit par le défaut de mise au point, soit par l'accroissement des aberrations de toute nature ; c'est donc la pupille qui paraît jouer le rôle le plus important dans cette fixation de minimum de lumière.

Sans nous étendre plus longuement sur ce sujet, nous pouvons déjà en tirer une conséquence pratique, c'est que, pour apprécier l'éclairage d'un objet, il est nécessaire de protéger l'œil contre toute lumière étrangère. La facilité de lecture sera très inégale pour des caractères imprimés sur un papier de couleur sombre soumis à un éclairage relativement intense, et pour le même texte imprimé sur papier blanc avec un éclairage moindre, si l'on prend soin que dans les deux cas l'éclat apparent du papier reste le même.

3. — La détermination physique d'un éclairage exige l'emploi d'une lumière de comparaison. Plusieurs photomètres ont déjà été proposés et employés dans ce



but ; je me bornerai à signaler leur existence, pour éviter par avance le reproche de négliger les travaux antérieurs, et j'indiquerai les méthodes que j'ai essayées successivement à l'occasion de l'éclairage électrique de l'Opéra.

L'un premier appareil était une sorte de photomètre à tache de Bunsen, éclairé normalement en arrière par une lampe étalon et en avant par la lumière générée d'une lampe.

L'observateur se plaçant à  $45^\circ$  de la normale à l'écran, modifiée, par un mégacanisme particulier, l'éclairage de la lampe jusqu'à ce que la tache disparaisse. Une graduation préliminaire avec une lampe cercel, que l'on place à différentes distances dans une direction normale à l'écran, permet de savoir dans chaque cas quel est le nombre de cercels qu'il faudrait placer à la distance de un mètre dans une direction normale pour produire le même effet. Ce nombre mesure la clarté en cercels-mètre ou plus simplement en cercels.

Pour faire varier à volonté l'éclairage de la lampe étalon, on prend d'abord comme objet lumineux un verre dépoli placé sur la lanterne à la suite d'un verre de champ, et, à l'aide d'une lentille convergente, on

produit sur l'écran étiche l'image de ce verre dépoli. La lentille est diaphragmée par une ouverture rectangulaire que l'on peut fermer plus ou moins complètement à l'aide de deux voletts qu'une vis à crémaillère rapproche ou écarte à volonté. Une échelle divisée indique la fraction de l'ouverture totale qui reste libre et, par suite, la fraction de l'éclairement maximum produit en arrière de l'écran par la lampe étalon.

Tous ces organes sont portés par un tube horizontal, et une réflexion à  $45^\circ$  renvoie la lumière sur l'écran disposé parallèlement au tube. Il est facile alors de faire tourner l'écran avec le miroir réfléchecteur pour orienter le système dans une direction quelconque.

J'en examinerai pas le côté théorique de cet appareil, parce qu'on y a rencontré, dans la pratique, divers inconvénients qui l'ont fait rejeter : il ne permet de déterminer que les éclairages inférieurs à un maximum et, pour les éclairages ordinaires que produit la lumière électrique, il exige une lampe étalon trop puissante.

4. — Le second appareil diffère du précédent par cette circonstance que deux portions d'un même écran sont respectivement éclairées par une fraction de la lumière émise par la lampe étalon, et l'on fait varier

à volonté l'une ou l'autre de ces deux fractions de manière que l'écran ait un éclat uniforme.

La lampe étalon illumine un verre dépoli dont l'image, produite par une lentille, vient se former après deux réflexion à  $45^\circ$  sur la moitié d'un disque de verre dépoli, que nous appellerons verre d'épreuve.

La lumière générale éclaire un écran translucide, que nous appellerons récepteur, dont les rayons émis dans une direction normale vont, après s'être réfléchis sous l'angle de  $45^\circ$ , former une image sur l'autre moitié du disque d'épreuve.

Les lentilles qui servent à la production de ces images sont munies l'une et l'autre d'une ouverture rectangulaire à volonté, de façon que l'on peut diminuer à volonté l'éclat de chacune des moitiés du disque d'épreuve.

L'appareil serait irréprochable au point de vue théorique, si l'écran récepteur, éclairé par une source constante, émettait par transparence, dans une direction normale, une quantité de lumière proportionnelle au cosinus de l'angle d'incidence des rayons émanés de la source. L'éclat du disque d'épreuve correspondant à l'écran récepteur serait alors exactement proportionnel à la quantité totale de la



lumière reçue par l'écran et indépendant de la position des sources.

J'ai essayé un très grand nombre d'écrans à ce point de vue, sans en trouver un qui fût tout à fait satisfaisant. Avec des papiers de structure très homogène, la lumière transmise diminue plus rapidement que le cosinus de l'angle d'incidence et moins vite que le carré de ce cosinus, mais ces papiers ont l'inconvénient de laisser passer trop peu de lumière.

Les verres dépolis donnent un affaiblissement beaucoup plus rapide. Les meilleurs résultats ont été obtenus avec l'écran employé par Foucault pour son photomètre; la lumière transmise normalement est à peu près proportionnelle au cube de l'angle d'incidence.

Cette imperfection théorique de l'appareil n'est peut être pas à regretter au point de vue pratique. La plupart des corps, en effet, donnent un maximum notable de lumière réfléchie dans la direction régulière et la diffusion qui contribue réellement à leur donner la clarté provient surtout des rayons incidents qui ne sont pas extrêmement écartés de la normale.

Dans ce cas, la loi d'affaiblissement n'a pas grande importance; car, si l'on

appelle à l'angle d'incidence et  $\cos$ , à le facteur qui représente l'affaiblissement de la lumière transmise normalement, la quantité totale de lumière transmise par un éclaircissement uniforme entre les limites  $i = 0$  et  $i = 45^\circ$  varie comme les nombres 50, 43, 37, 33, quand on donne à  $n$  les valeurs 1, 2, 3, 4, tandis que, si les limites sont étendues jusqu'à l'incidence rasante, la lumière transmise est proportionnelle à

$$\frac{2}{n+1}$$

Quoi qu'il en soit, l'appareil fournira au moins des mesures comparatives et, en donnant à l'écran récepteur toutes les directions possibles dans une salle éclairée, on pourra compléter les renseignements par une étude de la distribution de lumière.

La lampe étalon est une petite lampe à huile de la forme des lampes modératrices.

La graduation se fait avec une lampe Carret type placée à un millimètre de l'écran.

Supposons que les échelles des volets soient divisées en 100 parties. On obtiendra par exemple, l'égalité d'éclat d'une que d'autre en prenant 10 divisions pour l'éclaircissement de la lampe Carret et 9 divisions pour la lampe témoin, c'est à dire des fractions respectivement égales à  $\frac{10}{100}$  et  $\frac{9}{100}$  de chacune d'elles.

En appelant  $C$  l'éclairage final du verre d'épreuve par la lampe Carcel pour l'ouverture entière de la lentille et  $T$  celle de la lampe étalon on aura

$$C \frac{p}{100} = T \frac{q}{100} \text{ ou } C = \frac{q}{p} T$$

Le rapport  $\frac{q}{p}$  ainsi déterminé pour chaque instrument est une constante  $n$  qui définit l'éclairage équivalent à une lampe Carcel à un mètre.

L'éclairage équivalent à 2, 3 ... carcels quand l'éclairage donne, pour le rapport  $\frac{q}{p}$  un nombre égal à 2 m 3 m ... et il n'y a pas de limite, au moins en théorie, à l'intensité de l'éclairage que l'on veut mesurer.

La première épreuve à laquelle doit être soumis un instrument de cette nature consiste à vérifier la loi du carré des distances.

L'expérience a montré que, à  $\frac{1}{30}$  près, le rapport  $\frac{q}{p}$  ne change pas quand on fait varier arbitrairement l'un des deux termes avec une source extérieure à distance constante, et que, dans les mêmes limites d'erreur, ce rapport est en raison inverse du carré de la distance de la source à l'écran.

Ajoutons encore que, pour comparer des lumières de teintes différentes, on interpose, comme d'habitude, des verres



colorés entre l'œil et la loupe qui vise le verre d'épreuve.

5. — L'appareil qui précède a environ un mètre de longueur; il est monté horizontalement sur un trépied qui permet de le placer dans tous les azimuts. En outre, l'écran tourne avec son miroir, de sorte qu'on peut recevoir la lumière dans une direction quelconque.

Sous cette forme, c'est encore un instrument assez volumineux et assez encombrant pour qu'il y ait quelque difficulté à l'employer dans les salles occupées par un public; j'ai cherché à le rendre plus maniable.

En réduisant toutes les dimensions, M. Pellin a réalisé un petit appareil 5 main qui n'a pas encore été éprouvé, mais qui semble devoir rendre les mêmes services; la lumière étalon est alors une petite lampe à huile minérale, dont l'intensité ne dépasse guère celle d'une bougie. La seule différence de construction consiste en ce que les volets à mouvement continu qui modifient l'ouverture des lentilles, ont été remplacés par des disques percés de trous de grandeurs inégales. Il éclat des deux portions du verre d'épreuve varie alors par sauts brusques, et cette cir-

- constance est peut être plutôt un avantage qu'un inconvénient.

6. — J'ajouterais ici quelques considérations sur la question même de l'éclairage.

Je laisserai à part l'éclairage des rues, des places publiques et des endroits découverts, pour considérer uniquement le cas des salles fermées, avec des plafonds à une hauteur modérée.

Il semble d'abord que, pour donner un même éclairage à deux salles géométriquement semblables, les quantités de lumière doivent être dans le rapport des surfaces ou des carrés des dimensions homologues.

Si l'on imagine, en effet, une source unique au centre d'une sphère, la quantité de lumière reçue par l'unité de surface est en raison inverse du carré du rayon; l'éclairément restera donc le même si l'intensité de la source est proportionnelle au carré du rayon.

Il en est tout autrement dans la pratique. Je dois à M. Fontaine, qui a une grande expérience à ce sujet, l'observation que, dans la plupart des cas, la quantité de lumière doit être proportionnelle au volume de la salle, et non pas seulement à sa surface.

Il faut remarquer, en effet, qu'une salle

n'est jamais entièrement vide. Elle renferme des meubles ou des objets de nature quelconque qui sont autant d'obstacles à la propagation de la lumière ; les supports des lampes, lustres, candélabres, etc ; interceptent également une partie notable de la lumière ; enfin l'air lui-même n'a pas la transparence parfaite que suppose la loi du carré des distances.

On peut résumer toutes ces causes d'extinctions et traduire sous une autre forme la règle énoncée par M. Fontaine, en admettant que l'éclairage efficace d'un foyer s'arrête à une distance déterminée, en deçà de laquelle il aurait son plein effet.

Cette distance limite varie beaucoup avec les conditions de la pratique, le nombre des obstacles et l'état de l'air ; elle n'est pas la même pour une salle de spectacle, dont la partie centrale est entièrement vide, que pour un salon garni de meubles, pour une usine encombrée par l'outillage, etc, et elle est évidemment beaucoup moindre dans les temps de bruit.

On sait bien aussi, sans qu'il soit nécessaire de le vérifier par une expérience directe, que la clarté d'une salle dépend, pour une très grande part, de la couleur des murs, des plafonds et de l'ameublement.



-blement.

La lumière qui tombe sur une glace ou sur un marbre, est réfléchi ou diffusé en grande partie pour se reporter sur d'autres portions de la salle où elle subit un effet analogue, de manière à contribuer un grand nombre de fois à l'éclairage.

Il est assez difficile de se rendre compte de cet accroissement de lumière, mais on peut s'en faire une idée au moins approximative. La diffusion n'est autre chose qu'une réflexion ordinaire sur une surface dont les inégalités sont de même ordre de grandeur ou plus grandes que la longueur d'onde.

On doit admettre que la fraction totale de lumière diffusée est analogue à la fraction de lumière qui serait réfléchi régulièrement sur une surface polie, et qu'elle peut, dans certains cas atteindre 90%.

Sans préciser la valeur du coefficient  $f$  de diffusion, supposons qu'un système de lampes placées dans une salle close émette une quantité totale  $\mathcal{Q}$  de lumière. Une portion de cette lumière est définitivement absorbée par les parois, et l'autre portion  $f\mathcal{Q}$ , étant diffusée, se répand de nouveau dans la salle; la seconde diffusion donne de même une quantité de lumière  $f^2\mathcal{Q}$ , et ainsi de suite, de sorte

que la lumière totale utilisée est

$$\mathcal{Q} (1 + f + f^2 + \dots) = \mathcal{Q} \frac{1}{1-f}$$

L'éclat moyen d'une feuille de papier placée dans toutes les positions possibles serait, avec des murs noirs, proportionnel seulement à la quantité  $\mathcal{Q}$  de lumière émise par les sources, et, avec les parois ayant le pouvoir réflecteur  $f$ , proportionnel à la quantité  $\mathcal{Q} \frac{1}{1-f}$ . L'accroissement d'éclairage est donc représenté par le rapport  $\frac{1}{1-f}$ ; la salle paraîtrait vingt fois plus brillante qu'avec des murs noirs si l'on faisait  $f = 0,95$ . On n'arrive pas sans doute à cette valeur extrême, mais le bénéfice des murs blancs ne doit pas en être éloigné.

Je me hâte cependant d'ajouter que le but d'un éclairage artificiel n'est pas de distribuer ainsi la lumière uniforme dans tous les sens. Pour le travail manuel ou la lecture, on cherche souvent à concentrer la lumière sur certains points; dans l'éclairage d'œuvre, on cherche à produire un mélange harmonieux d'ombres et de relief sur figures, sur ornements et à la décoration, et l'on est obligé de sacrifier une partie de la clarté générale. Il nous suffit, au point de vue scientifique, d'avoir signalé cette influence considérable de la diffusion, qui a pour résultat d'augmenter beaucoup la distance limite à laquelle s'arrête l'éclairage efficace d'un foyer

7 — La considération de cette distance limite conduit facilement à la notion de l'éclairement moyen.

Supposons qu'une surface  $S$  de petite étendue soit placée à la distance  $R$  du foyer et que les rayons incidents fassent l'angle  $i$  avec la normale à la surface.

Si l'on donne à la surface  $S$  toutes les positions possibles, telles que l'angle d'incidence reste compris entre les limites  $i$  et  $i + di$ , la direction des rayons incidents est comprise dans une zone sphérique dont l'ouverture angulaire est  $2 \pi \sin i \, di$ , et la quantité correspondante de lumière reçue est, en appelant  $I$  l'intensité du foyer,

$$(1) \quad dQ = \frac{SI}{R^2} 2 \pi \sin i \cos i \, di$$

Si l'intégrate de cette expression entre les limites  $i = 0$  et  $i = \frac{\pi}{2}$ , divisée par  $2 \pi S$ , donne l'éclairement moyen  $e$  de l'unité de surface à la distance  $R$

$$(2) \quad e = \frac{I}{R^2} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{\pi}{2} \sin i \cos i \, di = \frac{1}{2} \frac{I}{R^2}$$

c'est la moitié de l'éclairement que l'on obtiendrait sous l'incidence normale.

Cet éclairement moyen convient à la distance  $R$ , ou au volume  $4 \pi R^2 dR$  compris entre les deux surfaces sphériques de rayon  $R$  et  $R + dR$ . L'éclairement moyen  $E$ , dans toute l'étendue d'une sphère ayant pour rayon la distance limite  $D$  d'éclairement efficace, a pour expression



$$(3) \quad E = \frac{1}{\frac{4}{3} \pi D^3} \int_0^2 e 4 \pi R^2 dR = \frac{3}{2} \frac{1}{D^2}$$

Cet éclaircissement moyen est égal d'une fois et demie l'éclaircissement qui correspondrait à l'incandescence normale pour la distance limite.

Les foyers dont l'intensité totale est  $I$  étant situés dans une sphère ayant  $D$  mètres de rayon, l'intensité  $I_1$  des lumières par mètre est

$$(4) \quad I_1 = \frac{I}{\frac{4}{3} \pi D^3} = \frac{E}{2 \pi D}$$

elle est proportionnelle à l'éclaircissement moyen et en raison inverse de la distance limite et fixée (1)

Si nous admettons, pour fixer les idées, que la distance limite soit de 10 mètres et l'éclaircissement moyen équivalent à celui d'une lampe Carcel ou 10 bougies à 1 mètre, il en résulte

$$I_1 = \frac{1}{2 \pi} = 0.16$$

Dans ces conditions, il faut donc que l'éclairage renferme 0.16 bougie par mètre cube.

8 — On trouve très peu de renseignements historiques sur la manière dont les salles

---

(1) Nous croyons devoir faire remarquer que ce procédé de calcul n'est pas exact. Dans la formule (3)  $E$  correspond à un seul foyer et sa substitution dans la formule (4) n'est pas justifiée, puisqu'il s'agit cette fois de plusieurs foyers N.D.L.R.

de fêtes étaient illuminées aux différentes époques, mais quelques documents suffiront pour montrer que l'éclairage a suivi une marche progressive très rapide, surtout dans ces dernières années.

D'après une estampe qui représente un grand bal masqué donné dans la galerie des Glaces du palais de Versailles pour le premier mariage du Dauphin, le 25 Février 1745, la salle était éclairée par une série de lustres et d'appliques portant des bougies de cire, et l'on peut estimer à 1,800 le nombre total des bougies.

La même salle fut utilisée, en 1873, pour un dîner en l'honneur du schah de Perse. L'entrepreneur de l'éclairage fournit 2,486 bougies stéariques et 345 lampes Carcel de 14 et 15 lignes, ce qui équivaut environ à 6,000 bougies. L'éclairage était, sans doute, utilisé en partie pour les locaux voisins et les dépendances de toute nature; mais on peut admettre que les deux tiers au moins des foyers, soit 4,000 bougies, servaient à la salle du banquet.

Quelques années plus tard, la fête donnée par le maréchal de Mac Mahon, président de la République, à l'occasion de la clôture de l'Exposition universelle de 1878, exigea 5,740 bougies stéariques et 568 lampes, formant un total d'au moins 12,000

bougies. Avec la même proportion que précédemment, il resterait 8000 bougies pour la galerie des glaces.

Il est intéressant de comparer cet éclairage à celui qu'on employait aujourd'hui dans des circonstances analogues à celles du siècle dernier, comme un bal donné cette année dans les salons du palais de Compiègne, et à l'éclairage intense auquel on est entraîné dans certaines villes où la clarté des rues et des magasins oblige d'augmenter la lumière dans les salles de fête, afin de conserver les mêmes effets de contraste.

Pour rendre la comparaison plus facile, nous avons réuni les données dans un tableau, en indiquant les dimensions approximatives des salles, la surface horizontale, le volume total, le nombre des bougies, et en rapportant le nombre des foyers à la surface ou au volume.

Tableau



Designation	Dimensions		Nombre total de bougies	Nombre de bougies	
	Plan	Volume		par mètre horiz	par mètre cubé
	m. q.	m. c.			
<i>Salle des Glaces du palais de Versailles.</i>					
En 1745 . . . . .	720	9360	1800	2.50	0.19
" 1873 . . . . .	"	"	4000	5.55	0.43
" 1878 . . . . .	"	"	8000	11.10	0.85
<i>Salle des fêtes de Compiègne</i>					
En 1888 . . . . .	440	3520	1000	2.28	0.28
<i>Opéra (soirées de bal)</i>					
Foyer . . . . .	672	7392	6000	8.93	0.81
Salle . . . . .	400	9200	11140	27.85	1.21
Scène . . . . .	530	8000	4720	8.90	0.59
<i>Hôtel de ville (bals de 1888)</i>					
Salle des fêtes . . . . .	1295	24000	18720	14.46	0.78
Salle à manger . . . . .	300	2460	4320	14.40	1.75
Salon de verdure . . . . .	165	1350	720	4.36	0.53
Grands salons . . . . .	496	4467	7560	18.24	1.86
Galerie latérale . . . . .	257	3600	3600	13.98	0.56
Salon réservé . . . . .	165	1350	720	4.36	0.53
<i>Théâtres (salles)</i>					
Odéon . . . . .	350	5600	2470	7.06	0.44
Grande . . . . .	280	4800	2360	9.44	0.55
Comédie française . . . . .	240	3500	2340	9.75	0.67
Palais-Royal . . . . .	90	1000	1900	21.10	1.90
Porte St Martin . . . . .	200	3250	3200	16.00	0.98
Renaissance . . . . .	96	1400	1970	20.52	1.40

On estimera sans doute que ces chiffres sont très instructifs ; je me bornerai à quelques remarques :

1<sup>re</sup> L'éclairage des fêtes à Versailles a doublé de 1745 à 1873, c'est à dire en un siècle, il a doublé encore dans un intervalle de cinq ans, de 1873 à 1878 ;

2<sup>de</sup> L'éclairage de Compiègne n'est guère supérieur à celui qu'on employait au siècle dernier ;

3<sup>de</sup> A l'Opéra, la proportion de lumière pour les soirées de bal est deux fois aussi grande dans la salle que sur la scène, et cependant la comparaison des clartés, à l'aide de l'appareil indiqué plus haut, a montré que la salle est notablement moins éclairée que la scène. Cette différence tient en partie à la distribution des lumières et surtout à la couleur des parois : la décoration de la salle est très sombre, tandis que la scène est fermée par des plafonds et des panneaux de teintes beaucoup plus claires ;

4<sup>de</sup> La salle des Fêtes de l'Hôtel de ville a 18,5 mètres de hauteur et les autres environ huit mètres. La discussion de l'éclairage ne pourrait être faite utilement que si l'on avait déterminé la clarté, et l'on ne manquerait pas de voir apparaître l'influence de la décoration. Il est à noter

que les grands salons avaient encore un éclairage double de celui de la galerie des Glaces de Versailles, en 1878.

5° Pour les salles de théâtre, les résultats sont plus nets. Les quatre premières, dont l'éclairage est fait par la même Société et où l'on doit supposer que la clarté est à peu près la même, montrent que la quantité de lumière croît manifestement moins vite que le volume, l'espace en est à peu près vide, et c'est surtout la surface latérale occupée par les loges qu'il conviendrait de faire intervenir. Les deux autres salles qui sont éclairées par une Société différente conduisent à la même conséquence.

9. — La mesure de cette clarté dans une salle dont on connaît le nombre de foyers par unité de volume permet de déterminer dans chaque cas particulier ce que nous avons appelé la distance limite d'éclairage efficace.

Avec l'appareil décrit précédemment, nous avons reconnu, par exemple, que les 6,000 bougies installées d'abord dans le foyer de l'Opéra (le nombre des lumières a été modifié par la suite) donnaient un éclairage moyen d'environ 4 carrels ou 40 bougies; on en déduit

$$D = \frac{E}{2 \pi I_1} = \frac{40}{2 \pi \times 0,81} = 8 \text{ m}$$



La distance limite de l'éclairage artificiel est alors d'environ 8 mètres ; elle serait notablement moindre dans la salle même du théâtre.

La seule valeur de cette distance traduit ainsi par un nombre d'influence de la diffusion sur les murs, du mobilier, de l'ornementation et de toutes les circonstances qui interviennent dans l'utilisation de l'éclairage. Des recherches de cette nature présenteraient sans doute un grand intérêt pratique.

L'accroissement continu de l'éclairage, qui a augmenté brusquement à chaque progrès des sources de lumière, par la lampe d'Argand au siècle dernier, par le gaz et la bougie stéarique au commencement de ce siècle, par le pétrole et l'électricité de nos jours, fait naître une question d'ordre purement spéculatif, celle de savoir si cette marche ascendante est destinée à s'arrêter. Nous n'apercevons d'autre limite que celle qui plaira le mieux à la vue, c'est à dire pour les salons de fête et les salles de spectacle la clarté d'un beau jour, pour les effets de scène l'éclat des rayons solaires ; il y a encore de la marge.



## Photomètre de M. Mascart

—  
Extrait de *l'Électricien* (1)  
du 21 Avril 1888  
—

Tout le monde connaît les difficultés que présentait l'emploi des photomètres connus jusqu'ici. Si quelques-uns d'entre eux, comme le photomètre Bunsen, permettaient d'obtenir des résultats satisfaisants, ils n'étaient du moins pas pratiques. On pouvait en effet comparer l'intensité des deux sources lumineuses, à la condition de les mettre à une certaine distance, de diriger leurs faisceaux lumineux sur la tache d'huile et de faire varier les distances pour amener l'équilibre : il était impossible de mesurer l'éclairement en un point dans une salle éclairée.

M. Mascart vient de décrire à la Société internationale des électriciens un nouvel appareil très portatif et très pratique qui est à l'abri de tous ces reproches.

Ce photomètre est construit par M. P. Pellin,

---

(Revue générale d'électricité). — Paris. G. Masson.



L'habile successeur de M. Jules Duboscq, dont l'éloge n'est plus à faire pour la construction des instruments délicats de l'optique.

Le photomètre de M. Mascart se compose essentiellement de deux tubes recevant l'un la lumière à étudier et l'autre la lumière d'une source de comparaison.

Les deux faisceaux de lumière, après leur passage dans ces tubes, sont reçus chacun sur la moitié d'un disque de Foucault.

On anéantit l'égatité des teintes au moyen de diaphragmes de différentes surfaces.

On dispose l'appareil de façon que l'écran de Foucault A se trouve au point où l'on veut déterminer l'éclairement. La lumière tombe donc sur cet écran, le traverse, se réfléchit sur une glace B, vient tomber sur une lentille C, contre laquelle se trouve le diaphragme à volets mobiles. On obtient ainsi en D, à une distance double de la distance focale principale, une image de l'écran A.

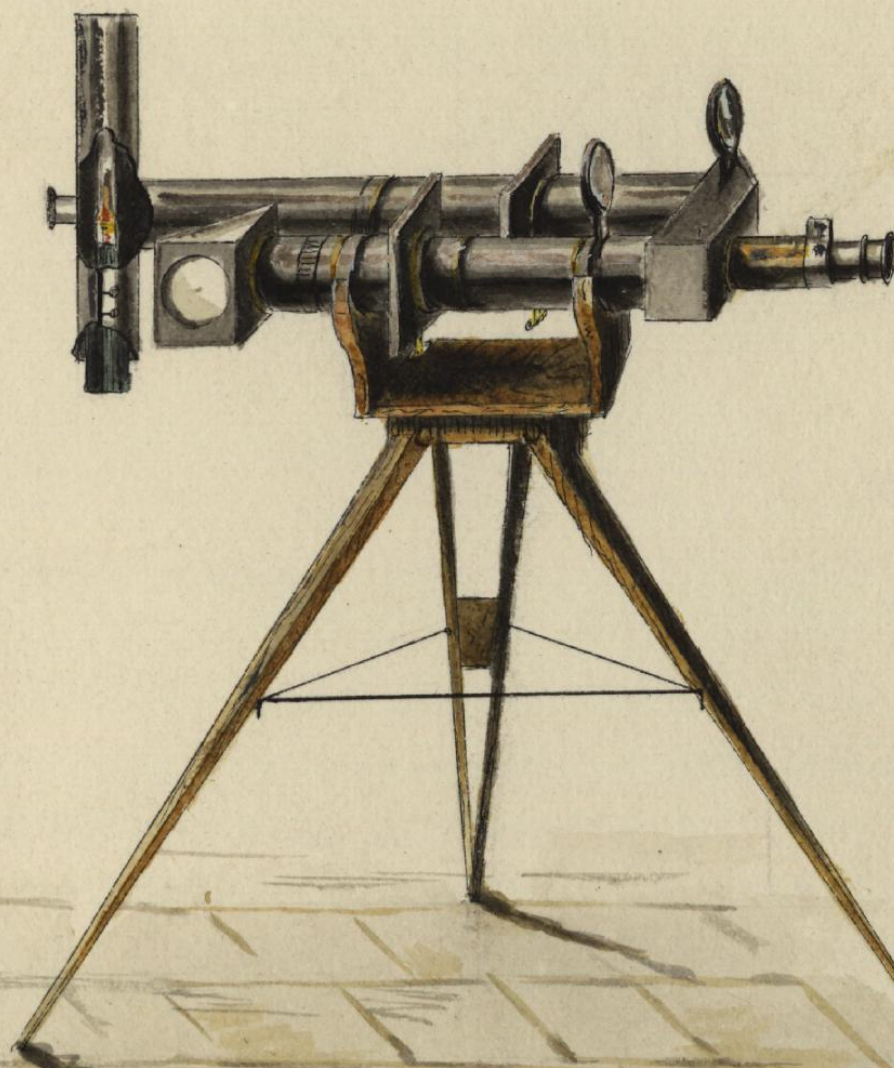
A l'extrémité de l'autre tube se trouve une lampe E étalon qui, pour une certaine hauteur de flamme, donne une intensité lumineuse définie. Il faut donc commencer

PL . 118

# PHOTOMETRE

de M<sup>r</sup> Mascart

1888



BIB CNAM  
RESERVE

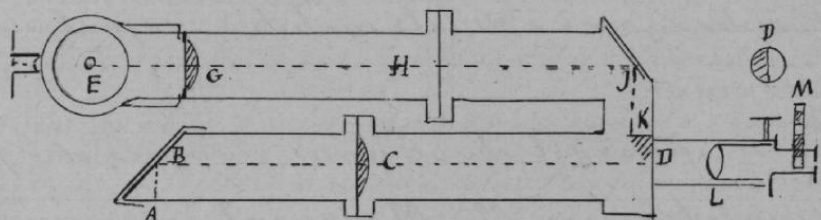






par régler la hauteur de la flamme ; ce que l'on fait très aisément au moyen d'une projection sur un verre dépoli *F*.

Cette lampe *E* envoie un faisceau de lumière qui est concentré par une lentille *G* sur un écran Foucault *H* de même surface que l'écran *A*. Une lentille placée contre le second diaphragme à volets mobiles, à une distance double de la distance focale principale de l'écran *H*, donne l'image de cet écran sur l'



écran *D*. Le rayon lumineux s'est réfléchi sur la glace *J* et dans le prisme *K*, avant de venir en *D*.

On a donc ainsi sur l'écran *D* les quantités de lumière émises par les deux sources, chacune des sources lumineuses occupant la moitié du disque.

On observe cet écran *D* à l'aide d'une lentille de champ ordinaire *G*.

Dans le cas où les lumières à comparer sont de colorations très différentes, on a recours pour observer à une série de verres colorés qui permettent par une suite d'approximations successives d'obtenir un

résultat satisfaisant.

La pratique de cet appareil est très simple, il suffit en effet de régler la hauteur de la flamme de la lampe étalon, au moyen de la projection sur le verre dépoli.

On dirige la plaque A de façon que la lumière que l'on veut étudier tombe normalement, et à cet effet l'extrémité du tube qui porte cette plaque est susceptible de tous mouvements autour de l'axe du tube.

Il suffit ensuite d'établir l'équilibre à l'aide des diaphragmes à volets mobiles : ce que l'on obtient très aisément.

L'appareil dont nous venons de parler a été employé par M. Mascart pour mesurer l'éclairement à l'Opéra ; il a parfaitement rempli son but.

J. Laffargue

## Le rendement lumineux des bœcs de gaz.

(Extrait du Journal des usines à gaz du  
5 Septembre 1888)

Nous avons déjà mentionné, dans notre numéro du 1<sup>er</sup> Juillet, un travail intéressant présenté par M. Bauvier au dernier Congrès et intitulé "quelques observations sur le rendement lumineux des bœcs de gaz". Nous revenons aujourd'hui sur cette consciencieuse étude, dont le texte a été débarrassé des nombreuses fautes d'impression de la première heure.

L'auteur s'est attaché à déterminer le rendement lumineux des bœcs usuels, c'est à dire leur pouvoir éclairant observé, toutes choses égales d'ailleurs, comparativement à celui du bec Bunsen étalon. Il dispose chaque bec à essayer sur le photomètre Dumas et Regnault, à une distance variable de l'écran éclairé par la lampe Carcel, et en le réglant aux conditions particulières du régime le plus favorable à chaque type. Chaque expérience est faite entre deux essais photométriques ordinaires, afin de vérifier à la fois l'état de la lampe étalon et le titre du gaz; chaque chiffre in-



indiqué par l'auteur est la moyenne de deux ou plusieurs expériences. Le nombre de carcots  $C$  donné par chaque bec, pour du gaz à 105 litres, divisé par le débit horaire  $D$  du bec, et multiplié par 105 constitue son rendement lumineux  $P$ ; en d'autres termes

$P = C \times \frac{105}{D}$  est le nombre de carcots donné par 105 litres de gaz brûlé, au litre de Paris.

L'auteur a dressé la liste des bacs qu'il a étudiés d'après l'ordre croissant de leur rendement. Cette classification a le mérite de montrer immédiatement dans quelle mesure la construction judicieuse des appareils a pu améliorer les résultats connus au moment des essais de Dumas et Regnault. Elle établit une graduation continue entre tous les brûleurs d'éclairage, depuis les bacs à fonte jusqu'aux lampes à récipièntion. Les gaziers, directeurs de grandes et de petites usines, et les appareilleurs y trouveront, rappelés sous une forme concise, et utiles indications sur les meilleurs brûleurs à choisir en vue de chaque application particulière. En effet, le débit horaire absolu est toujours indiqué à côté du rendement par 105 litres; et c'est avec cette raison, selon nous, que l'auteur a soin de considérer chaque bec à son régime particulier et s'attache

sur appareils les plus simples, becs papil-  
lons, becs à cheminée, ceux qu'on trouve,  
qu'on emploie partout. Parmi les essais  
de l'auteur, citons les plus saillants.

N° des essais	Description du brûleur	Débit horaire observé en litres D	Valeur en carrels	
			Absolu C	Par 105 litres de gaz brûlé au litre de Paris $P = C \times \frac{105}{D}$
2	Bec papillon stéatite, tête creuse n°7 de la série large de la ville de Paris, soit fonte 0 <sup>m</sup> .7 de largeur, avec régulateur sec à 125 litres, vérifié . . .	125	1.02	0.857
3	De même n°8 avec régulateur sec à 200 litres, vérifié . . .	200	1.74	0.912
Ces deux essais s'appliquent directement à l'éclairage pu- blic : l'auteur peut donner la préférence au type de 200 litres, dont le rendement est excellent. Nous sommes portés à croire qu'une flamme de 250 litres, bien réglée, donnerait, comme les becs conjugués dont M. Coze a entrepris le Congrès de 1879, un rendement plus voi- sin encore de l'unité.				
5	Bec Benzel type selon Dumas et Regnault . . . . .	105	1.	1.
11	Bec porcelaine 20 trous de 0 <sup>m</sup> .8 . . . . .	189	1.98	1.11
14	Bec Landon - Armand de S. de Londres, couronne stéatite à 24 trous de 0 <sup>m</sup> .8, cône, fixé à l'aide de direction, cheminée en verre mince de 45 milli- mètres de diamètre et 170 millimètres de hauteur . . .	184	2.04	1.16

Numéro de l'essai	Description du brûleur	Débit horaire observé en litres D	Valeur en Carcel	
			Absolue C	Par 105 litres de gaz brûlé au litre de Paris $P = C \times \frac{105}{D}$
18	Bec à et O. couronne porcelaine 15 x 25 milli- mètres en diamètre, 40 trous de 0 <sup>mm</sup> 9, cône de 34 millimètres, gaterie de cheminée de 50 milli- mètres . . . . .	171.9	2.10	1.283
20	Bec à une couronne stérile, plate, mesurant 14 x 16 millimètres, 40 trous de 1 millimètre, cône, gaterie . . . . .	186.34	2.417	1.362
23	Bec à disque W. de tôle, 42 trous de 1 millimètre	286.4	4. .	1.466

Il ressort de ces expériences que l'on peut facile-  
ment obtenir 1 carcel par 115-120 litres de gaz,  
avec des bacs papillons, notamment pour l'  
éclairage public, consommant 125 à 200 litres  
de gaz à l'heure, et jusqu'à 1 carcel par 80 litres  
pour des bacs à cheminée consommant 200 à 250  
litres. Par conséquent des bacs intensifs usuels,  
d'après les expériences de M. Coindet et d'autres,  
atteindrait deux fois et demie celui du bec Bengel;  
on obtiendrait 1 carcel avec environ 40 litres  
de gaz sans réflecteur.

En résumé, dans la moyenne des installations  
d'éclairage d'une clientèle d'usine à gaz, on  
pourrait obtenir 1 carcel avec 90 litres de gaz,



mettons 160 litres, et élever la lampe à incandescence de 16 bougies avec 180, disons 160 litres de gaz au litre de Paris.

Ces constatations ne sont pas inutiles : on pourrait citer tel constructeur d'appareils qui a tiré des bénéfices importants d'observations semblables. Aujourd'hui plus que jamais, il faut chercher à donner « beaucoup de lumière pour peu d'argent », c'est une des méthodes les moins coûteuses, les plus simples, pour développer la consommation du gaz ; en dépit de la concurrence faite par les autres procédés d'éclairage, les chiffres résultant des expériences de l'auteur tendent à prouver — ou à rappeler — que dans bien des cas les appareils mis à la disposition du public ont un rendement insuffisant, et qu'il serait facile d'améliorer.

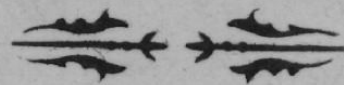
On pourrait arriver à des conclusions analogues en ce qui concerne les appareils de chauffage.

Nous espérons que l'Exposition de 1889 marquera un pas définitif dans cette voie de l'amélioration des appareils communément employés pour la combustion du gaz.

L'étude que nous résumons ici, est pleine de faits et d'idées qui la feront consulter avec fruit par les directeurs d'usines à gaz.

FIN

du dixième volume



# Table des matières du dixième volume

	<i>Pages</i>
<i>Chapitre 1<sup>er</sup> — Frais annuels pour l'éclairage public de Paris.</i>	
<i>1817 — 1882 . . . . .</i>	<i>1</i>
<i>Chapitre II — Documents divers relatifs à l'éclairage au gaz</i>	
<i>1871 — 1890 . . . . .</i>	<i>36</i>
<i>Note sur l'inflammation de jets de gaz pendant les orages. Par M. de Fonvielle . . . . .</i>	<i>36</i>
<i>Allumeur à gaz par M. Klinkertues</i>	<i>41</i>
<i>Photomètre à relief. — Note de M. P. Yvon . . . . .</i>	<i>45</i>
<i>De la flamme du gaz d'éclairage comme réactif très-sensible de l'acide borique — Note de M. Biolaud</i>	<i>47</i>
<i>Expériences nouvelles sur les flammes chantantes. Par M. F. Bastner</i>	<i>51</i>
<i>Action de l'électricité sur les flammes. — Mémoire de M. Neyreneuf</i>	<i>54</i>
<i>Action du fluide électrique sur les flammes, les liquides et les corps en poudre. — 1<sup>ère</sup> Note de M. de Neyreneuf. . . . .</i>	<i>56</i>
<i>Sur les flammes des gaz comprimés. Par M. F. Benevides . . . . .</i>	<i>59</i>



Purification de la glycérine des compteurs à gaz . Par M. Hasse . . .	68
Rapport de M. Lissajous sur les allumeurs électriques de M. Gaitte, employés à l'Assemblée nationale à Versailles . . . . .	71
Influence de la pression sur la combustion . Par M. G. Caillaud . . . .	77
Application du gaz d'éclairage au pyrophore Par Frédéric Kastner . .	83
Nouveau système de lanternes municipales à Paris . Par M. Newton, et Dunet . . . . .	90
Nouvelles recherches sur les carbures pyrogénés et sur la composition du gaz de l'éclairage . Par M. Berthelot . . . .	94
Sur le gaz de l'éclairage et les carbures pyrogénés . Par M. Berthelot . . . . .	103
Le soufre dans le gaz d'éclairage . Note de M. A. Verigo . . . . .	111
Remarques sur la présence de la benzine dans le gaz de l'éclairage . Par M. Berthelot . . . .	115
Etude spectrométrique de quelques sources lumineuses . — Note de M. A. Crova . .	126
Bouées éclairées au gaz . . . . .	133
Scintillation des flammes du gaz d'éclairage . — Note de M. F. A. Forel . . . .	136
Photomètre à relief . . . . .	141
Les matériaux bruts servant à la production du gaz carbone Par F. Röchler . .	146

Influence de l'altitude sur le pouvoir éclairant du gaz . . . . .	155
Bec de gaz intensifs à air chaud par M. Frédéric Siemens . . . . .	157
Bec Schullke . . . . .	160
Sur un bec donnant la lumière blanche par l'incandescence de la magnésie Note de M. Ch. Clamond . . . . .	165
Expériences photométriques avec des gaz carburés de différentes qualités, et emploi de ces gaz comme étalon pour déterminer le pouvoir éclairant du gaz de houille . Par John Methven .	168
Photomètre à prismes translucides Par M. Joly . . . . .	189
Ventilation du théâtre de Nice .	191
Comparaison photométrique des lumières de teintes différentes . Par M. A. Crova . . . . .	194
Etude sur les étalons photométriques par M. Mannier . . . . .	216
Eclairage, ventilation et chauffage de la salle royale de l'Odéon à Munich .	244
Brûleur Delmas - Azéma à flamme plate avec récupérateur de chaleur .	293
La lumière incandescente du Dr Auer . . . . .	298
Bec de gaz à incandescence du Docteur Auer Van Nelsbach . . . . .	304

Note sur le bec Cromartie-William Suqz Par Delstollie . . . . .	307
Bec à incandescence du Docteur Auer Von Wetschoch . . . . .	317
L'incandescence par le gaz d'éclairage	324 <sup>65</sup>
Nouveau bec de gaz à oxygène et zirconium de M. Linneemann . . . . .	325
Lampe à gaz, système Danischewski	333
Bec prussien (système Schulke) . . . . .	336
Etude sur la ventilation par les appareils d'éclairage . . . . .	349
Bec l'Industriel intensif et à récupé- ration. Par M. Potier . . . . .	398
Etude photométrique de quelques sources de lumière. Par M. M. Baillie et Fery . . . . .	409
Les méthodes de la photométrie. Par M. le D <sup>r</sup> H. Reuss . . . . .	418
Photométrie — Sur la mesure de l' éclairement par M. Mascart . . . . .	425















