

CONGRÈS INTERNATIONAL DE L'INDUSTRIE DU GAZ
à l'Exposition Universelle de Paris
SEPTEMBRE 1900

COMMUNICATION

FAITE AU NOM DE LA

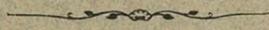
COMPAGNIE PARISIENNE DU GAZ

PAR

M. Auguste LÉVY

INGÉNIEUR, CHEF DU SERVICE DES TRAVAUX MÉCANIQUES

- 1° Éclairage intensif par le gaz des Parcs du Champ-
de-Mars et du Trocadéro;
2° Chauffage par le gaz; — 3° Cuisine au gaz.



PARIS

SOCIÉTÉ ANONYME DE PUBLICATIONS PÉRIODIQUES

P. MOUILLOT, Imprimeur

13, QUAI VOLTAIRE, 13

1900



ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM



COMMUNICATION

FAITE AU NOM DE LA

COMPAGNIE PARISIENNE DU GAZ

PAR

M. Auguste LÉVY

INGÉNIEUR, CHEF DU SERVICE DES TRAVAUX MÉCANIQUES

-
- 1° Éclairage intensif par le gaz des Parcs du Champ-de-Mars et du Trocadéro;
 - 2° Chauffage par le gaz; — 3° Cuisine au gaz.
-

1° ÉCLAIRAGE INTENSIF PAR LE GAZ DES PARCS DU CHAMP-DE-MARS ET DU TROCADÉRO

Préliminaires.

La Compagnie Parisienne d'éclairage et de chauffage par le gaz a pensé qu'il y avait utilité au point de vue des intérêts généraux de l'Industrie du Gaz, à créer un éclairage très brillant dans les parcs et jardins de l'Exposition universelle de 1900. C'était le moyen, lui semblait-il, de mettre le mieux en évidence les améliorations considérables, réalisées dans le domaine de l'éclairage au gaz, depuis 1889, et notamment par les appareils les plus récents, tout en contribuant en même temps à augmenter l'éclat de l'Exposition de 1900.

Dans cet ordre d'idée, le Conseil d'Administration, sur la proposition du Comité d'Exposition de 1900, a décidé de participer au Congrès international de l'Industrie du Gaz en 1900.

proposition du Directeur, décidait, il y deux ans, que la Compagnie consacrerait la majeure partie des sommes destinées par elle à son exposition en 1900, à réaliser ce programme et, dans ce but, le Directeur soumettait au Commissaire général de l'Exposition une Convention, approuvée le 30 septembre 1898 par M. le Ministre du Commerce, de l'Industrie et des Postes et Télégraphes, dans laquelle il était question dans les termes suivants de ce projet spécial :

« Article 8 : Les parcs et jardins du Champ-de-Mars et du Trocadéro seront exclusivement éclairés par le gaz, par les soins de la Compagnie Parisienne, dans les limites indiquées par le plan ci-annexé.

« La Compagnie recourra, à cet effet, aux procédés les plus perfectionnés qui seront en usage en 1900.

« En tous cas, le projet des installations et les dispositions à adopter seront soumis, avant exécution, à l'approbation de l'Administration et arrêtés d'accord avec elle. »

Le projet de la Compagnie était accepté par lettre de M. le Commissaire général, en date du 23 janvier 1900. Dans le courant de juin 1900, les abords du Château d'Eau, au Champ-de-Mars, et l'entrée de l'Exposition sur l'Avenue des Champs-Élysées furent éclairés par le gaz sur la demande de M. le Commissaire général.

I. — Historique de l'application des becs intensifs à l'éclairage public et principes qui ont servi de point de départ au Projet.

Avant de faire connaître les dispositions adoptées pour l'éclairage des parcs et jardins du Champ-de-Mars et du Trocadéro, en 1900, il convient de rappeler les essais successifs, faits à Paris à différentes époques et notamment depuis 1877.

Jusqu'à cette date, l'éclairage public de Paris était assuré au moyen de becs de 1 140, employés soit isolément, soit par groupes de plusieurs becs; mais, lorsque M. Jablochhoff fut autorisé, en 1877, à éclairer l'avenue de l'Opéra au moyen de ses bougies, la Compagnie Parisienne du Gaz chercha, de son côté, à développer l'éclairage au gaz au moyen de *becs intensifs*. Le bec dit « Bec du Quatre-Septembre, de 1 1400, créé à cette époque pour l'éclairage de la rue du Quatre-Septembre, avait l'avantage de consommer, en un seul foyer, une quantité considérable de gaz, grâce à la conjugaison d'un groupe de becs papillons, et de produire à l'aide d'une coupe, fournissant un tirage plus énergique, une lumière relativement importante pour l'époque de son apparition, environ 13 carrels, à raison de 1 105 par carrel.

Plus tard, en 1889, la Compagnie, autorisée par la Ville de Paris, fit des essais sur la voie publique, avenue de l'Opéra et rue de la Paix, avec les *becs à récupération* qui furent employés également mais en petit nombre à l'Exposition de 1889.

On installa, avenue de l'Opéra, des becs Guibout-Giroud, qui se composaient de 2 à 6 brûleurs avec une consommation horaire atteignant jusqu'à 1 1.200 de gaz. Les essais de la rue de la Paix furent faits avec 135 becs Schülke, consommant environ 1 350 de gaz à l'heure et donnant Ca 7 par bec.

Le Service des Travaux mécaniques de la Compagnie, chargé de ces études et essais, ne possédait, en 1889, qu'une chambre photométrique, de médiocre dimension, installée dans le sous-sol de l'Hôtel, 6, rue Condorcet. Un laboratoire complet, destiné à faciliter les recherches qu'il devenait utile de faire pour réaliser les vues de la Compagnie dans les domaines de l'éclairage et du chauffage, fut établi en



1890-1894, à côté des Ateliers de construction mécanique du Landy; il comporte, outre les bureau et magasin :

Trois chambres d'essais pour les divers appareils de chauffage;

Une grande chambre photométrique permettant l'essai des plus puissants appareils d'éclairage au gaz (Ca 550 ou bd 5.500). On a eu soin, pour faciliter la photométrie des becs de grande consommation, de donner à cette chambre une hauteur de près de m 10 et une ventilation suffisante. Dans ces conditions, l'atmosphère des appareils reste toujours presque normale malgré le grand dégagement des gaz brûlés; on a installé des bancs photométriques de m 7 de longueur.

Essais de 1893-1894. — Lors de l'Exposition de 1889, l'incandescence par le gaz (inventée en 1885, par le docteur Auer von Welsbach) était encore dans une période de tâtonnements. Ce n'est que vers la fin de 1894, que les manchons Auer furent fabriqués d'une façon uniforme et suffisamment solide.

Les becs ainsi perfectionnés se répandaient rapidement dans le public et donnaient satisfaction pour les éclairages intérieurs. On pouvait leur objecter, dans les appareils de la voie publique, la nécessité de trop multiplier le nombre des brûleurs nécessaires pour obtenir une intensité lumineuse comparable à celle des lampes électriques à arc.

Il n'existait, en effet, à cette époque que :

a) Des becs Auer n° 1 consommant l 80 de gaz à l'heure et donnant une intensité de Ca 4.

b) Des becs Auer n° 2 consommant l 120 de gaz à l'heure et donnant une intensité de Ca 6.

La question se posait donc (en France et à l'Etranger), de créer des becs à incandescence par le gaz d'une consom-

mation et d'une intensité lumineuse plus élevées que celles des deux premiers types existants.

Le Service des Travaux mécaniques de la Compagnie, installait, en novembre 1893, au Landy, un certain nombre de brûleurs Auer, fonctionnant avec du gaz sous pression.

Ces appareils consommaient : 1 500 de gaz par bec et par heure.

Pression aux brûleurs : de cm 10 à cm 20 de mercure (soit de m 1,30 à m 2,50 d'eau.)

Intensité en carrels : de Ca 25 à Ca 40 par bec.

Durée moyenne des manchons : de 80 à 100 heures.

Les brûleurs n'ayant pas été étudiés pour fonctionner dans ces conditions faisaient entendre un bruit désagréable pendant leur fonctionnement.

Cependant, étant donné que l'on arrivait à un résultat intéressant au point de vue de l'intensité lumineuse des manchons, il y avait intérêt à établir les conditions rationnelles de construction de ces brûleurs. Dès le mois de mai 1894, des essais furent entrepris dans ce sens au Laboratoire du Landy ; ils portèrent spécialement sur les becs Auer, alimentés par un mélange variable d'air et de gaz, et permettant de déterminer les meilleures proportions à réaliser pour obtenir le maximum d'incandescence du manchon, en faisant varier la consommation du gaz.

On s'est servi pour ces essais d'une galerie ordinaire de bec Auer n° 2, munie de son manchon ; le brûleur était constitué par un tube de cuivre, sans injecteur, vissé au-dessus d'une boule de cuivre à 2 robinets. Le gaz était introduit dans la boule après avoir été mesuré au compteur ; l'air venait d'un gazomètre chargé suffisamment pour obtenir un débit variable. Enfin, les manchons étaient essayés avec ou sans cheminée, en verre.

On arriva à obtenir dans ces essais des rendements de

l 10 à l 12 de gaz par Ca et par heure. Le rendement maximum était atteint avec une quantité de gaz et une proportion d'air plus élevées que dans les brûleurs Auer existants.

Essais de 1895-97. — Ces essais ont conduit à construire des brûleurs à chambre de détente dans le tube de mélange, offrant le minimum de résistance à l'écoulement gazeux et permettant de réaliser le maximum d'incandescence du manchon avec le minimum de pression.

L'emploi d'une surpression du mélange gazeux avait été obtenu en comprimant non pas le gaz mais l'air. A cette occasion, un brevet était pris en juin 1895 par la Compagnie pour un brûleur donnant environ :

Ca 42 pour une consommation de
l 450 de gaz à l'heure.

De son côté, la Compagnie d'éclairage Denayrouze, ayant étudié la question, avait établi des brûleurs à incandescence par le gaz, de consommation élevée. Ce résultat était obtenu en augmentant, comme il vient d'être dit, la proportion d'air, au moyen d'une ventilation artificielle, réalisée par des moyens divers et notamment par un petit ventilateur mû électriquement et placé sur la canalisation d'arrivée au brûleur.

Un essai public de ces becs fut fait Place du Palais-Royal, en juillet 1896.

M. Denayrouze parvint ensuite à établir un nouveau bec fonctionnant sans surpression de gaz; ce bec a été mis à la disposition du public à partir de février 1897.

La Société Française d'Incandescence par le Gaz (système Auer) mettait également en vente en juin 1897 un bec Auer n° 3 (muni d'un verre), d'une consommation horaire de l 155 de gaz et donnant une intensité lumineuse de Ca 12,5 en service courant.

Il existait donc, en 1898, en dehors du bec étudié par la Compagnie, un bec Auer de l 155 donnant Ca 12,5 et 2 becs Denayrouze, l'un de l 160 à l'heure, donnant Ca 12, l'autre de l 270 donnant de Ca 18 à Ca 20.

Dans ces conditions, la Compagnie jugea qu'au lieu de poursuivre isolément les études commencées de part et d'autre il était plus profitable à l'Industrie du Gaz de réunir en un faisceau commun, les efforts tentés par chacun pour améliorer l'éclairage au gaz au moyen des appareils à incandescence.

Elle pensa qu'il était temps d'en mettre les résultats sous les yeux du public ; ce qui lui permettait, en même temps, d'en étudier le fonctionnement en service régulier, et la mettait à même de remédier aux inconvénients ou aux défauts qui pouvaient se manifester sous l'influence des variations atmosphériques ou par suite de l'inexpérience du personnel chargé de ce nouveau matériel.

De leur côté, la Société Auer et la Société Denayrouze étaient disposées à marcher dans la même voie.

Le Service municipal se prêta volontiers aux essais qui furent entrepris dans ce sens.

*Emploi de l'incandescence par le gaz sur la voie publique
à Paris en 1898-1899*

Les premiers becs Auer furent placés, par la Société française d'incandescence par le gaz, sur la voie publique en 1894 et se composaient exclusivement de becs n° 2, dont la consommation était réglée à l 115 à l'heure. C'est dans ces conditions que fut installé l'éclairage de la place de la Concorde, très satisfaisant pour cette époque.

Le nombre total des becs Auer placés sur la voie publique était alors de 1450 environ.

Dans le but d'expérimenter les manchons sans cheminée

et de juger en même temps de l'effet d'un éclairage très brillant, la Compagnie Parisienne du Gaz offrit à la Ville de Paris de faire un essai dans un certain nombre de voies situées aux abords de l'Opéra. Cet essai a été exécuté, de juin 1898 à juin 1899, au moyen de brûleurs Denayrouze de 1 270 de gaz à l'heure. Les voies ainsi éclairées étaient les suivantes :

Rue Auber,
Rue Glück,
Rue Scribe,
Rue Halévy,
Rue du Havre,
Boulevard Haussmann (en partie).

II. — Préparation spéciale du projet d'éclairage intensif à l'Exposition de 1900

En vue de l'Exposition de 1900, la Compagnie a cherché, en 1898-99, à obtenir, avec le matériel qui devait lui être prêté pour la majeure partie par l'Administration de l'Exposition, l'effet lumineux le plus considérable dans chaque type de lanterne employé. Elle a, de plus, voulu réaliser le maximum d'éclat par manchon et le rendement le plus avantageux comme consommation de gaz par carcel. Aussi, le *projet dressé en 1898* a-t-il prévu l'emploi d'un certain nombre de becs fonctionnant avec une pression de gaz supérieure à la pression normale qui varie dans des limites assez étendues. On n'a besoin, dans le cas de surpression de gaz, que d'une seule canalisation, alors qu'avec la surpression de l'air, il était nécessaire d'avoir deux canalisations. Cette surpression du gaz n'a d'ailleurs pas besoin d'être bien grande : l'expérience a prouvé qu'avec les becs à incandescence à chambre de détente on obtient facilement l'entraînement d'air par l'injection, suffisant pour

atteindre le rendement maximum avec une surpression de quelques centimètres d'eau.

On est ainsi arrivé à prévoir deux sortes de brûleurs, savoir :

A. Brûleurs fonctionnant avec du gaz à la pression de mm 200 :

Consommation horaire de gaz. 1 350.

Intensité de Ca 35 à 38.

B. Brûleurs fonctionnant à la pression normale.

A l'origine, dans le projet primitif, ces brûleurs étaient exclusivement du système Denayrouze mais, *dans le courant de l'année 1899*, la Société française d'incandescence mettait en vente des becs Auer, du type Bandsept, sans verre, savoir :

Brûleur B : consommation horaire : 1 400, donnant environ Ca 9 ;

Brûleur C : consommation horaire : 1 450, donnant environ Ca 12,5 ;

Brûleur D : consommation horaire : 1 300, donnant environ Ca 25.

Le brûleur type D de 1 300 a été adopté pour l'éclairage du Champ-de-Mars, tandis que les becs Denayrouze étaient réservés aux parcs du Trocadéro.

Avant de décrire avec plus de détails l'installation de l'éclairage du Champ-de-Mars et du Trocadéro, il paraît utile de rappeler ici le principe des mesures photométriques afin de fixer les idées sur la quantité de lumière produite par les appareils.

III. — Principes photométriques

Étalon.

L'étalon le plus employé, pour les essais de becs de gaz, est le bec Bengel à verre, de Dumas et Regnault, consommant 1 405 de gaz à l'heure et donnant exactement la car-

cel. Comme la comparaison porte sur deux becs alimentés par le gaz venant d'une même conduite, on admet qu'il n'y a pas lieu de tenir compte des variations de pouvoir éclairant. Le bec Bengel consommant 1 10⁵ de gaz est toujours pris pour unité. La valeur de la carcel est de 10 bougies décimales. La consommation du bec Bengel doit être maintenue constante pendant les expériences photométriques. A cet effet, le bec est alimenté par un régulateur et au moment de chaque essai on mesure sa consommation à l'aide d'un compteur muni d'un chronomètre à déclanchement électrique. On fait, s'il y a lieu, les corrections proportionnelles aux variations de consommation d'après une table. Il est d'ailleurs très facile de régler le bec Bengel de façon que ces corrections ne dépassent pas 2 0/0.

Autant que possible, c'est toujours le même bec Bengel qui sert pendant une ou plusieurs années. De temps en temps, on le compare à la lampe Carcel à huile, suivant les instructions de Dumas et Regnault.

Photomètres.

On se sert presque uniquement du *Photomètre Foucault* dans les essais au laboratoire; on rappellera ci-dessous la description de cet appareil.

Un écran translucide E (fig. 1, Pl. I) forme le fond d'une boîte cylindrique noircie intérieurement et ouverte à sa partie antérieure. Une cloison verticale V, mobile dans cette boîte qu'elle divise en deux parties égales peut s'approcher ou s'éloigner de l'écran sous l'action d'un bouton, de manière à réduire à une simple ligne l'ombre qui sépare les deux moitiés de l'écran. La chambre noire qui sert à l'installation du photomètre doit être divisée en trois parties A, A' et A'' par des cloisons C, C' C'' et la cloison C' doit être placée

dans le prolongement de la pièce mobile V. Les sources lumineuses à comparer SS' sont disposées sur des bancs photométriques B, B' et peuvent, au moyen d'un mécanisme de transmission simple, être déplacées suivant les axes de ces bancs. Le centre de l'écran E et les centres des sources SS' doivent être dans un même plan horizontal, qui constitue le plan photométrique. L'inclinaison i des axes des bancs sur l'écran E doit être la même.

Pour faire un essai photométrique horizontal, on place le bec à essayer en S, par exemple, à une distance déterminée n de l'écran E et l'on fait varier la distance p du bec étalon S' jusqu'à ce que les deux parties de l'écran photométrique présentent le même éclairage. Pour apprécier cet éclairage avec une plus grande exactitude on se sert d'une lunette L qui est montée à cet effet devant l'écran.

En appliquant la loi fondamentale de la photométrie, savoir :

« La quantité de lumière reçue en un point par unité de surface varie en raison inverse du carré de la distance de ce point au foyer lumineux et en raison directe du sinus de l'inclinaison du rayon lumineux sur la surface éclairée » et en appelant x l'intensité lumineuse de la source S inconnue et 1 la valeur de la source S', source étalon, on a l'équation :

$$\frac{x}{n^2} = \frac{1}{p^2}$$

d'où l'on tire :

$$x = \frac{n^2}{p^2}$$

On en déduit donc l'intensité, en carrels, de la source lumineuse inconnue puisque l'étalon donne la carcel.



Avec des banes photométriques suffisamment longs, comme ceux du Laboratoire de la Compagnie, on peut arriver à photométrer des becs très puissants, sans changer l'étalon. On emploie néanmoins des étalons auxiliaires d'intensité connue par une comparaison préalable avec le bec Bengel.

Pour les essais à l'extérieur, sur la voie publique ou les mesures d'éclairément dans l'intérieur des locaux, on emploie le *Photomètre Mascart*.

Cet appareil ne mesure que cm 75 de longueur et se transporte facilement dans une boîte. On l'installe pour faire un essai sur un trépied analogue à un trépied de chambre photographique. La figure 2, Pl. I, représente le photomètre en projection sur un plan.

Les deux portions d'un écran E sont respectivement éclairées par une fraction de la lumière à mesurer et de la lumière étalon et l'on fait varier ces deux fractions de manière que l'écran soit uniformément éclairé. La lampe étalon L illumine un verre dépoli dont l'image produite par une lentille G vient après deux réflexions à 45° se former sur la moitié du disque E.

La lumière à mesurer éclaire un écran en papier pelure D dont les rayons émis dans une direction normale vont, après réflexion à 45° , produire une image sur l'autre moitié du disque E.

Les lentilles qui servent à la production de ces images sont munies chacune d'une ouverture à volets rectangulaires qu'on peut agrandir ou diminuer à volonté. Des graduations servent à déterminer les dimensions de l'ouverture des volets et, par suite, indiquent les proportions dans lesquelles on doit réduire la lumière de l'étalon et l'éclairément du récepteur D pour avoir une clarté égale, sur les deux côtés du disque E. L'appareil a été gradué,

au préalable, au moyen de mesures empiriques faites avec une lampe carcel dans la chambre noire.

L'écran récepteur D peut tourner de manière à mesurer l'éclairement sous divers azimuts; des verres de différentes couleurs peuvent se placer en H pour faciliter la comparaison des lumières de teintes différentes.

Il est dans tous les cas indispensable de faire un grand nombre d'essais sur chaque bec et de prendre un résultat moyen.

Intensité sphérique.

L'intensité horizontale qui, dans la plupart des cas, suffit à apprécier une source lumineuse, ne donne pas la valeur exacte de cette source. Les radiations horizontales ne sont généralement pas reçues par l'œil en raison de la hauteur même à laquelle sont placés les appareils lumineux; il est donc intéressant de pouvoir déterminer la quantité de lumière émise par une source dans une direction quelconque.

La disposition des photomètres de laboratoire ne permettant pas de recevoir des rayons obliques sur l'écran photométrique, on est obligé d'avoir recours à un procédé spécial.

Le procédé employé au Laboratoire du Landy, consiste à recevoir sur une glace les rayons obliques et à les renvoyer normalement sur l'écran photométrique. C'est la méthode imaginée par Ayrton et Perry.

On appelle « *coefficient d'absorption* » d'une glace, le rapport entre la quantité de lumière reçue par cette glace et la quantité de lumière réfléchie. Ce coefficient dépend de l'angle d'incidence du rayon lumineux. Pour éviter la détermination de ces coefficients sous tous les angles, on

dispose la glace de telle façon que l'angle d'incidence des rayons lumineux soit toujours de 45° .

Les appareils au moyen desquels cette méthode est appliquée, sont disposés comme il est indiqué (fig. 3, Pl. I). La glace est placée sur un pied qui repose sur le banc photométrique. Cette glace est inclinée à 45° , sur l'axe XY parallèle au banc, et l'angle de 45° , figuré en A, est donc invariable. Mais la glace peut tourner avec l'axe XY et les angles décrits dans cette rotation, sont mesurés sur le limbe H gradué.

Le bec à photométrer étant placé en dehors du banc photométrique, en face de la glace, peut monter et descendre sur une tige verticale. Au fur et à mesure que le bec monte, on est amené, pour recevoir sur la lunette les rayons réfléchis dans la glace, à tourner cette glace avec l'axe XY et les angles de rotation, mesurés sur le limbe H sont précisément les différents angles que fait le rayon lumineux incident avec la verticale.

Un rideau noir empêche les rayons émis directement par le bec de venir frapper la lunette : dans les diverses positions de montée ou de descente du bec, on mesure chaque fois les quantités de lumière réfléchies; multipliées par le coefficient d'absorption de la glace, elles représentent les quantités de lumière émises par la source lumineuse dans les diverses directions.

On peut donc de cette manière tracer la courbe des intensités de la source lumineuse au-dessus et au-dessous de l'horizontale (au-dessus de l'horizontale, en faisant descendre le bec plus bas que la glace, au-dessous en le faisant remonter).

Pour tirer une conclusion pratique de ces expériences, on est amené à la considération de l'*intensité moyenne sphérique* d'une source lumineuse.

L'intensité moyenne sphérique peut être définie comme le quotient de la somme des éclairagements sur une sphère de rayon 1 concentrique au foyer, par la surface de la sphère. En d'autres termes, c'est l'intensité d'un foyer qui donnerait la même somme totale de lumière, en émettant des radiations lumineuses d'intensité constante dans toutes les directions.

Dans le cas le plus général, la surface photométrique peut être considérée comme étant de révolution autour de l'axe géométrique de la source lumineuse. Il suffit dès lors d'étudier les variations d'intensités dans un seul plan méridien pour déduire l'intensité moyenne sphérique.

La méthode consiste à déterminer pour des inclinaisons variant de 10° en 10° , par exemple, les intensités de la source à étudier et à tracer, à une échelle quelconque, une courbe réunissant les points obtenus. Cette courbe permet d'apprécier rapidement, la valeur de la source lumineuse et de déterminer l'intensité dans une direction quelconque.

Pour déterminer l'intensité moyenne sphérique, on se sert d'un procédé graphique qui se déduit de la définition donnée ci-dessus.

Soit O (fig. 4, Pl. I) une source lumineuse présentant la courbe photométrique donnée ci-contre. Soit OA une circonférence de rayon quelconque, on divise cette circonférence en n parties égales par n rayons OB, OC, . . . on démontre qu'en projetant les points D, C, B, . . . en $d, c,$ et en élevant les droites :

$$d D' = o D$$

$$c C' = o C, \text{ etc. . . .}$$

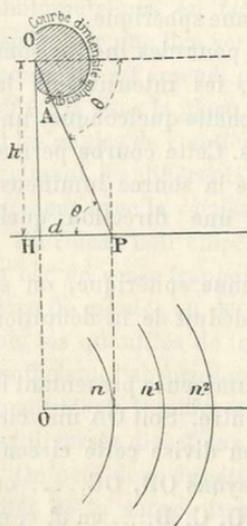
on obtient une surface H. G. E. R. K. proportionnelle à l'éclaircement du foyer dans le $1/2$ méridien étudié, et en menant la droite MN, telle que :

Surface K M N H = Surface H G E R K

la valeur de l'intensité moyenne sphérique se trouve représentée par KM à l'échelle que l'on s'est donnée.

Éclairément sur le sol.

La détermination de la courbe photométrique d'une source lumineuse permet de déterminer facilement l'éclairément produit sur le sol, connaissant la hauteur h de cette source lumineuse.



Soit en effet I l'intensité lumineuse d'une source dans une direction faisant l'angle θ avec l'horizontale : $I = OA$ soit h la hauteur de la source.

d la distance H. P.

On a la relation :

$$\text{Éclairément au point P} = \frac{I \sin \theta}{OP}$$

$$\text{ou} = \frac{I \sin \theta}{h^2 + d^2}$$

I étant exprimé en carcels et h et d en mètres, la valeur trouvée est exprimée en carcels-mètre (un éclairément en un point de n carcels-mètre est équivalent à l'éclairément produit par n carcels

éloignées de m 1 du point considéré).

Les manchons à incandescence ayant des intensités constantes sous un même angle dans tous les plans méridiens, les courbes d'égal éclairément seront des cercles ayant pour centre le pied du candélabre.

Le tracé de ces cercles et leurs combinaisons, lorsque

deux ou plusieurs foyers éclairent un même point, permettent d'établir sur les plans des courbes d'égal éclairement qui fixent la valeur de l'éclairage comme les courbes de niveau, tracées sur un plan, fixent le relief du sol.

IV. — Études et Essais relatifs à la surpression du gaz.

On a vu, page 9, que c'est à mm 200 d'eau qu'a été fixée la pression du gaz comprimé à employer pour l'éclairage intensif. Des essais préliminaires furent faits aux Ateliers du Landy pour bien se rendre compte de la valeur du procédé que la C^{ie} comptait appliquer dans l'éclairage des Parcs du Champ-de-Mars et du Trocadéro. Après avoir étudié les divers moyens de comprimer le gaz, un ventilateur d'essai fut installé pouvant débiter mc 50 de gaz et mis en mouvement par un moteur de Cv 1 1/2 ; cet appareil alimentait une conduite de gaz isolée sur laquelle étaient placés 80 becs à incandescence débitant chacun l. 350 de gaz sous une pression de mm 200 d'eau. *On a pu dans ces conditions, étudier dans tous leurs détails les becs qui devaient être employés, en y apportant les modifications reconnues nécessaires à leur bon fonctionnement.*

Les résultats de ces essais ayant été très satisfaisants, on a été conduit à adopter des ventilateurs pour assurer la compression du gaz destiné à l'éclairage intensif des Parcs du Champ-de-Mars et du Trocadéro. Ces appareils présentent, en effet, l'avantage suivant : la pression qu'ils fournissent est fonction uniquement de la vitesse et de la densité du fluide dans lequel ils se meuvent ; elle ne dépend pas du débit, ce qui rend inutile l'emploi des régulateurs, même si le nombre des becs allumés varie.

En août 1899, une commande fut adressée à la Maison

Farcot fils, pour 2 ventilateurs aspirants et soufflants, de m 1.200 de diamètre, pouvant recevoir une vitesse normale de 1.050 tours par minute et débiter à l'heure, pour une pression de mm 250 d'eau, un volume de 1,200 mètres cubes de gaz.

Ces appareils, mis en place à l'Exposition, dans le Pavillon spécial de la Compagnie, furent essayés les 3 et 4 avril 1900 ; on constata, d'une façon très nette, la régularité parfaite de leur marche et les conditions de leur bon fonctionnement par les courbes des appareils enregistreurs.

Les essais successifs de tous les becs de l'Exposition ont été faits les 5, 10, 12 et 13 avril 1900 ; ils ont donné des résultats très satisfaisants.

Des essais de mise en marche et d'arrêts brusques des ventilateurs, tous les appareils étant allumés, ont été faits le 17 avril 1900, et n'ont donné lieu à aucun fait anormal.

Enfin, des essais de pertes de charge ont eu lieu le 1^{er} mai 1900, avec tous les becs en service. On a constaté que les pertes de charge maxima aux extrémités des conduites sous pression (Château d'Eau et Entrée du Trocadéro) étaient de mm 18, ce qui a permis de régler définitivement la pression à donner à l'origine (mm 220) pour assurer en tous les points une pression de mm 200, au minimum.

On trouvera ci-contre, page 19, des tableaux qui montrent l'influence de la pression sur le rendement économique du bec ; les courbes (fig. 5 et 6, Pl. I) sont la représentation graphique de ces tableaux :

1° On considère d'abord le bec pris dans les conditions normales c'est-à-dire réglé pour fonctionner à la pression ordinaire du gaz. Les résultats sont donnés dans le tableau suivant :

PRESSION du GAZ	DÉBIT		INTENSITÉ		Débit par carcel	
	Auer	Denayrouze	Auer	Denayrouze	Auer	Denayr.
mm	litres	litres	carcels	carcels	litres	litres
50	260,87	220,85	18,94	9,56	18,71	23,10
70	300,00	250,00	20,00	12,40	15,00	20,66
75	318,58	266,66	22,59	13,22	14,10	20,17
100	375,00	288,00	34,60	18,52	10,84	15,55
125	413,19	321,42	42,17	23,21	9,80	13,42

Au delà de mm 125, le bec Auer *non modifié* fait entendre un bourdonnement très désagréable provenant d'un trop grand débit de gaz. Qui plus est, les manchons résistent mal pour un débit horaire supérieur à l. 400 de gaz ;

2° Le tableau suivant donne les résultats analogues pour les mêmes becs réglés au débit de l. 350 de gaz sous mm 200.

PRESSION du GAZ	DÉBIT HORAIRE	INTENSITÉ		DÉBIT PAR CARCEL	
		Auer	Denayrouze	Auer	Denayrouze
mm	litres	carcels	carcels	litres	litres
50	188,48	9,00	7,21	20,94	26,14
100	248,27	15,50	15,00	16,01	16,55
150	288,00	27,50	27,70	10,47	10,40
175	321,42	33,87	33,80	9,48	9,51
200	349,51	37,24	37,20	9,38	9,39
225	367,35	39,62	39,07	9,28	9,40

Aux environs de mm 200, le rendement est très satisfaisant et le fonctionnement des becs est très régulier. Il est indispensable toutefois de régler la quantité d'air admise à l'injecteur en faisant usage d'une rondelle en cuivre comme pour les becs Auer n^{os} 1, 2 ou 3.

La quantité de chaleur dégagée par ces brûleurs étant très grande, il arrive fréquemment que la toile métallique constituant la tête du brûleur des becs s'oxyde et se brûle. On évite cet inconvénient en faisant usage d'une toile métallique, un peu plus serrée que celle employée dans les becs ordinaires.

V. — Modifications des Lanternes.

Pour obtenir un éclairage très brillant, on a été amené à placer dans chaque lanterne le plus grand nombre de becs possible.

L'Administration de l'Exposition, d'accord avec la Ville de Paris, et d'après la convention passée avec la Compagnie Parisienne, mettait à la disposition de cette dernière, des lanternes de la Ville de tous les modèles courants.

Ces modèles sont les suivants :

- Modèle n^o 1. Petite lanterne de refuge (l. 140);
- n^o 2. Type ordinaire de l. 140;
- n^o 3. Type ordinaire dôme surélevé (l. 750) ;
- n^o 4. Type du Quatre-Septembre (l. 850);
- n^o 5. Grand modèle de refuge (l. 1.400).

Le tableau ci-contre, page 21, fait connaître les dimensions de ces diverses lanternes.

Dimensions principales des diverses lanternes

	Diamètre à la partie inférieure	Diamètre à la partie supérieure	Hauteur des verres	Hauteur de la lanterne
	cm	cm	cm	cm
Lanternes n° 1.....	21	32	33	65
— 2.....	27	39	36	70
— 3.....	27	39	36	78
— 4.....	35	45	38	80
— 5.....	38	49	46	90

En modifiant ces lanternes, comme il sera indiqué plus loin, on a pu augmenter leurs consommations respectives comme suit :

Type n° 1.....	l. 300 ;
Type n°s 2 et 3.....	l. 750 ;
Type n° 4.....	l. 1250 ;
Type n° 5.....	l. 1750.

Les modifications, déterminées par une série d'essais et de tâtonnements sont (voir fig. 7, Pl. I.) :

- 1° La suppression du verre de fond, V ;
- 2° L'adaptation du réflecteur C en dessous des entrées ajourées bb' ;
- 3° L'évidement de la partie pleine ff' et l'introduction d'un cône B pour éviter les rentrées d'eau par les entrées ajourées bb' ;
- 4° L'adaptation d'une calotte en cuivre A à cm 5 du couronnement de la lanterne et destinée à empêcher les rentrées d'eau ;

Les nombres des brûleurs placés dans ces diverses lanternes sont donc les suivants :

Type n° 1 :	1 brûleur	de l. 300.
» n° 2 :	3 brûleurs	de l. 250, ou 2 de l. 350.
» n° 3 :	»	»
» n° 4 :	5 »	de l. 250 ou 3 de l. 350.
» n° 5 :	5 »	de l. 350.

Pour compléter cet éclairage et pouvoir en certains points obtenir des foyers d'une très grande intensité, la Compagnie a étudié un type de lanterne spéciale. Cette lanterne dénommée « *lanterne Opéra* » peut contenir jusqu'à 15 manchons de l. 350, soit l. 5.250 à l'heure. La lanterne Opéra mesure 1 mètre 40 de hauteur et 0 mètre 80 de diamètre maximum. La partie vitrée comporte 6 verres bombés, dont 2 mobiles formant portes.

Des essais de tous ces appareils ont été poursuivis pendant un an au Landy afin de s'assurer que le fonctionnement des becs en lanterne était régulier et que le nombre de verres cassés n'était pas exagéré. Ces essais ont été faits en plaçant un thermomètre le long des glaces intérieurement à la lanterne. D'une manière générale, les lanternes *non modifiées* déterminent, dans les conditions adoptées, une élévation de température variant entre 180° et 230°. Avec les modifications indiquées précédemment, la température varie entre 70° et 110°. Une considération analogue a fait adopter les dispositions prises dans les *lanternes Opéra*, qui ont accusé les températures suivantes : de 90° à 110° avec le bec à 10 brûleurs et de 120 à 160° avec le bec à 15 brûleurs.

VI. — Description de l'éclairage au gaz des Parcs et Jardins du Champ-de-Mars et du Trocadéro.

L'éclairage au gaz des Parcs et Jardins du Champ-de-Mars et du Trocadéro comporte deux parties bien distinctes :

1° L'éclairage avec surpression de mm 200;

2° L'éclairage à la pression normale.



Fig. 1. — Pavillon de la Compagnie Parisienne du Gaz, situé au Champ-de-Mars sur le quai d'Orsay, en aval du pont d'Iéna.

L'éclairage avec surpression a été réservé pour toutes les grandes artères, les abords des cascades et de la Tour de 300 mètres.

Ainsi qu'on l'a dit, page 20, les appareils employés pour obtenir la surpression de mm 200 sont deux ventilateurs Farcot. Ces appareils sont installés dans un pavillon spécial, construit par la Compagnie, au Champ-de-Mars,

sur le quai d'Orsay. Chacun est mis en marche par un moteur à gaz de huit chevaux ; chaque ventilateur a été étudié de façon à fournir à lui seul le débit total nécessaire au fonctionnement des becs ; le deuxième appareil est donc un appareil de secours.

La vitesse de rotation des moteurs est de 160 tours par minute.

Celle des ventilateurs est de 1,050 tours par minute.

Chaque ventilateur peut fournir un débit de mc 1.200 à l'heure ; c'est-à-dire alimenter environ 3.500 becs de l 350.

En cas d'accidents, des robinets permettent d'isoler les ventilateurs pour faire les réparations nécessaires et si les deux appareils font défaut à la fois, un robinet-valve donne un passage direct au gaz. D'ailleurs, le fonctionnement de ces appareils est d'une simplicité telle que les arrêts et incidents ne sont pas à craindre.

Les appareils d'éclairage, candélabres et lanternes employés sont des types suivants :

I. — *Pression de 200 millimètres.*

1° 4 Candélabres spéciaux commandés par la Compagnie pour éclairer le dessous de la Tour de 300 mètres. Ces appareils, à deux branches, sont munis de grandes lanternes rondes, dites Opéra, et comportent 10, 12 ou 15 brûleurs dans chaque lanterne (voir fig. 2, page 25) ;

2° Candélabres de m 5, munis de lanternes Opéra avec becs à 10 brûleurs. Ces candélabres sont placés dans l'allée centrale depuis le Trocadéro jusqu'au Château-d'Eau (voir fig. 3, page 27) ;

3° Candélabres à 5 branches ; modèle des refuges de la Ville de Paris, surélevé de cm 70 par l'adjonction d'un



Fig. 2. — Candélabre spécial (Tour de 300 mètres).

banc en pierre. Ces candélabres comportent au centre une lanterne n° 4 à 3 brûleurs, sur les branches des lanternes n° 2, avec 2 brûleurs ;

4° Candélabres de la Galerie de 30 mètres de l'Exposition de 1889. Hauteur : m 5,50. Ces candélabres comportent des lanternes n° 5, à 5 brûleurs ;

5° Candélabres de m 4,70, type de la Ville de Paris, munis de lanternes n° 5 à 5 brûleurs ; ils sont disposés autour des cascades du Trocadéro ;

6° Candélabres à 3 branches, type de la Ville de Paris, munis de 3 lanternes n° 2 à 2 brûleurs ; les appareils sont placés autour des cascades du Château-d'Eau.

Les figures 8 et 9, Pl. I, donnent les courbes d'intensité lumineuse des becs contenus dans ces lanternes, aux pressions de mm 80 et de mm 200.

II. — *Pression normale.*

1° Candélabres à 3 branches, surélevés de cm 45 par l'adjonction d'un ornement. Ils sont munis au centre, d'une lanterne n° 2 à 3 brûleurs et sur les bras de lanternes n° 1 à 1 brûleur ;

2° Candélabres de la Ville de Paris, surélevés de cm 45 environ et munis d'une lanterne n° 4 à 5 brûleurs ou d'une lanterne n° 2 ou n° 3 à 3 brûleurs ;

3° Candélabres de la Ville, type courant, munis de lanternes n° 2 ou 3 à 3 brûleurs.

La planche IV donne la disposition adoptée dans la répartition de ces appareils.

Le tableau ci-après donne les nombres des candélabres, des lanternes, des brûleurs et des appareils en fonctionnement.



Fig. 3. — Candélabre Opéra





DÉSIGNATION DES APPAREILS	CHAQUE CANDÉLABRE COMPORTE :	CHAQUE CANDÉLABRE COMPORTE :					
		Consommation horaire totale de gaz pr candélabre	Intens. lumineuse maximum par lanterne	Intens. lumineuse horizontale par lanterne	Intens. lumineuse horizontale par candélabre	Intens. lumineuse hémisph. intér. par lanterne	Intens. lumineuse hémisph. intér. par candélabre
A. Pression de 200 millimètres		litres	carcels	carcels	carcels	carcels	carcels
Candélabres spéciaux à 2 branches	2 lanternes « Opéra » de 10 brûleurs de l. 350 12 id. id. 15 id. id.	7.000 8.400 10.500	260 300 360	241 276 333	482 552 666	228 269 323	456 538 644
Candélabres de m 3	1 lanterne « Opéra » à 10 brûleurs de l. 350	3.500	260	241	241	228	228
Candélabres de la galerie de m 30	1 lanterne n° 5 à 5 brûleurs de l. 350	1.750	145	143	143	125	125
Candélabres de m 4,70	1 lanterne n° 5 à 5 brûleurs de l. 350	1.750	145	143	143	125	125
Candélabres à 5 branches	1 lanterne à 3 brûleurs de l. 350	3.850	94	93	297	78	271
	4 lanternes à 2 brûleurs de l. 350		54	51		49	
Candélabres à 3 branches	3 lanternes à 2 brûleurs de 350 l.	2.400	54	51	153	49	147
TOTAUX à la pression de 200 millimètres							
B. Pression normale							
Candélabres à 3 branches	1 lanterne à 3 brûleurs de l. 250 2 lanternes à 1 brûleur de l. 300 ou 3 lanternes à 3 brûleurs	1.350 2.250 2.250	49 22 49	45 20 45	85 135	41 18 41	77 129
Candélabres Oudry à rallonges	1 lanterne n° 4 ou 5 à 5 brûleurs de l. 250	1.250	73	68	68	60	60
Candélabres Oudry ordinaires ou lanternes sur poteaux	1 lanterne à 3 brûleurs de l. 250 1 lanterne à 1 brûleur de l. 300	750 300	49 22	45 20	45 20	41 18	41 18
TOTAUX à la pression normale							
ENSEMBLE							
TOTAUX GÉNÉRAUX							

Nombre de candélabres		Nombre de lanternes		Nombre de manchons		Intensité lumineuse horizontale totale		Intensité lumin. hémisph. intér. totale	
Champ-de-Mars	Trocadéro	Champ-de-Mars	Trocadéro	Champ-de-Mars	Trocadéro	Champ-de-Mars	Trocadéro	Champ-de-Mars	Trocadéro
candélabr.	candélabr.	lanternes	lanternes	manchons	manchons	carcels	carcels	carcels	carcels
4	»	8	»	94	»	964 552 662	» » »	912 538 646	» » »
58	27	58	27	580	270	13.978	6.507	13.224	6.456
26	»	26	»	130	»	3.718	»	3.250	»
»	10	»	10	»	50	»	1.430	»	1.250
22	14	110	70	242	154	6.534	4.158	6.028	3.836
22	»	66	»	132	»	3.366	»	3.234	»
132	51	268	107	1.178	474	29.774	12.095	27.832	11.242
117	56	351	168	585	280	9.945	7.560	9.009	4.312
2	»	6	»	18	»	270	»	246	»
40	»	40	»	200	»	2.720	»	2.400	»
250	353	250	353	750	1.059	11.250	15.885	10.250	14.473
8	67	8	67	8	67	160	1.340	144	1.206
417	476	655	588	1.661	1.406	21.345	24.785	22.049	19.991
549	527	923	695	2.739	1.880	54.119	36.880	49.881	31.233
1.076 Candélabres		1.618 Lanternes		4.619 Manchons		90.999 Carcels		81.114 Carcels	

L'installation qui précède a exigé le concours simultané des Services de la Compagnie ainsi que celui de divers constructeurs et entrepreneurs.

Le Service des Travaux mécaniques, qui avait poursuivi depuis 1893, les essais d'éclairage intensif à incandescence par le gaz, a établi le projet d'ensemble et en a préparé les commandes.

Les Services de la Canalisation et de l'Éclairage ont eu, l'un, à installer les conduites, les branchements et les appareils, — le second, à pourvoir à la mise en service des becs et des lanternes, de manière à réaliser le projet arrêté par la Compagnie. Les maisons Lacarrière et C^{ie}, Mesureur, Grandpierre ont prêté leur concours le plus dévoué à son exécution.

La Société Française d'Incandescence par le gaz (Système Auer) et la Compagnie d'Éclairage Denayrouze avaient accepté, dès le mois d'août 1899 de coopérer pour une certaine part dans les dépenses en s'engageant à prendre à leur charge :

1° L'installation à titre de prêt, dans les lanternes des becs Auer, (brûleurs Bandsept, au Champ-de-Mars ; Denayrouze grand modèle, au Trocadéro) ;

2° La surveillance et l'entretien de ces becs ;

3° La fourniture gratuite des manchons de rechange, dans une limite donnée.

L'ensemble de tous ces concours a permis d'achever cette installation importante dans les délais prévus.

L'éclairage intensif au gaz des Parcs du Champ-de-Mars et du Trocadéro a fonctionné dès le 3 avril.

Service des Appareils

Les procédés employés pour l'allumage sont de deux sortes :

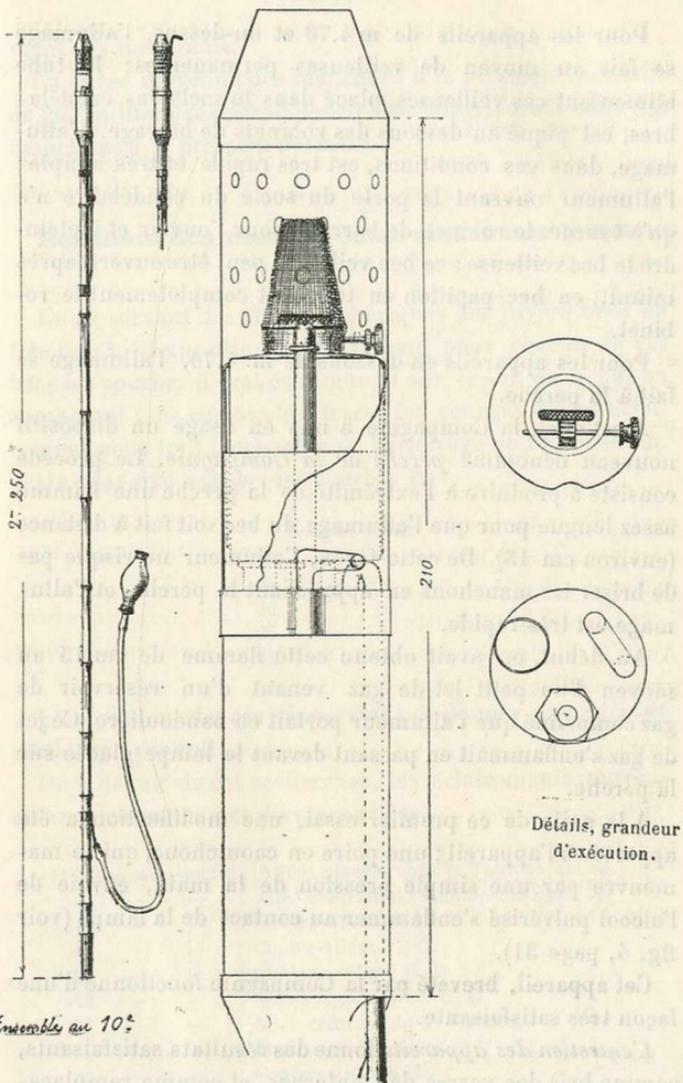


Fig. 4. Perche d'allumage, système breveté de la Compagnie Parisienne du Gaz.

Pour les appareils de m 4,70 et au-dessus, l'allumage se fait au moyen de veilleuses permanentes; le tube alimentant ces veilleuses, placé dans le socle des candélabres, est piqué au-dessous des robinets de barrage. L'allumage, dans ces conditions, est très rapide et très simple; l'allumeur ouvrant la porte du socle du candélabre n'a qu'à tourner le robinet de barrage pour l'ouvrir et à éteindre le bec veilleuse; ce bec veilleuse peut être ouvert, après minuit, en bec papillon en tournant complètement le robinet.

Pour les appareils en dessous de m 4,70, l'allumage se fait à la perche.

A cet effet, la Compagnie a mis en usage un dispositif nouveau dénommé *perche de la Compagnie*. Le procédé consiste à produire à l'extrémité de la perche une flamme assez longue pour que l'allumage du bec soit fait à distance (environ cm 15). De cette façon, l'allumeur ne risque pas de briser les manchons en approchant la perche et l'allumage est très rapide.

Au début, on avait obtenu cette flamme de cm 15 au moyen d'un petit jet de gaz venant d'un réservoir de gaz comprimé que l'allumeur portait en bandoulière. Ce jet de gaz s'enflammait en passant devant la lampe placée sur la perche.

A la suite de ce premier essai, une modification a été apportée à l'appareil; une poire en caoutchouc, qui se manœuvre par une simple pression de la main, envoie de l'alcool pulvérisé s'enflammer au contact de la lampe (voir fig. 4, page 31).

Cet appareil, breveté par la Compagnie fonctionne d'une façon très satisfaisante.

L'entretien des appareils donne des résultats satisfaisants, comme bris des verres des lanternes, et comme remplace-

ment des manchons.

La durée moyenne des manchons à la pression *constante* de 200 millimètres paraît devoir être supérieure à celle des manchons à la pression normale.

Résultats des essais d'éclairage sur le sol.

En se servant des études sphériques des divers becs en fonction à l'Exposition et en traçant pour chacun de ces becs les courbes d'égal éclairage sur le sol, on a pu, en combinant tous ces cercles, tracer les courbes d'égal éclairage pour tout l'ensemble de l'éclairage de l'Exposition.

On s'est fixé *a priori* les courbes de :

	2	bougies-mètre
	8	— —
	14	— —
	20	— —
	26	— —
	32	— —

L'inspection de ces plans suffit à donner une idée de l'éclairage produit.

On a déduit de ces recherches, les éclairagements moyens en bougies-mètre des diverses allées :

28	bougies-mètre :	Allées placées sous la Tour de 300 m.
23	— —	: Allée centrale du Champ-de-Mars. A.
16	— —	: Contre-allée. B.
10	— —	: Contre-allées. C. C.
24	— —	: Château-d'Eau. D. D.
12	— —	: Allées secondaires. C. C.
26	— —	: Allée centrale du Trocadéro.
15	— —	: Boulevard Delessert.
22	— —	: Contre-allée. E. E.
12	— —	: Allées-secondaires. F. F.

VII. — Résultats généraux.

Débit total horaire de gaz	mc	1.383,900	
Intensité totale fournie.....	Ca	91.000	
Rendement par Ca.....	l	15,2	
Nombre de candélabres.....		1.076	
— lanternes.....		1.618	
— manchons.....		4.619	
Surfaces	} Champ-de-Mars . mq	100.000	} mq 195.000
		Trocadéro mq	

Comparaison avec l'éclairage effectué à l'Exposition de 1889.

A titre de comparaison et pour faire apprécier l'importance considérable donnée à l'éclairage des Parcs du Champ-de-Mars et du Trocadéro à l'Exposition de 1900, on peut citer un passage de la « Monographie des travaux exécutés par le Syndicat « International des électriciens à l'Exposition de 1889, » par M. Hippolyte Fontaine, qui fournit un renseignement intéressant sur l'éclairage électrique de cette Exposition.

« La surface totale des jardins du Champ-de-Mars, « dit M. Fontaine, était de mq 178.000. On peut évaluer « approximativement à Ca 19.000 la lumière répandue « dans les jardins, ce qui correspond à un peu plus d'un « dixième de Ca par mq.

« C'est là un éclairage extrêmement intéressant pour « des espaces découverts, comme on peut s'en rendre compte « en le comparant par exemple à l'éclairage des voies pu- « bliques de Paris.

« Les surfaces les plus éclairées de Paris sont :

	Carcels.
« La rue Royale, qui possède actuellement.	0,16 par mq
« La rue de la Paix, qui possède actuellement.....	0,15 —
« La place de l'Opéra, qui possède actuellement.....	0,072 —
« L'avenue de l'Opéra, qui possède actuellement	0,043 par mq
« La rue du Quatre-Septembre, qui possède actuellement.....	0,043 —

Si l'on fait le même calcul pour l'éclairage au gaz des Parcs du Champ-de-Mars et du Trocadéro à l'Exposition de 1900, on trouve les chiffres suivants :

	Surface des jardins.		Lumière répandue.
Champ-de-Mars..... mq	100.000	Ca	54.000
Trocadéro.....	93.000		37.000
soit..... Ca	0,54 par mq	au Champ-de-Mars	
et.....	0,39 —	au Trocadéro.	

ce qui représente, en moyenne, 4,7 fois plus de lumière qu'au Champ-de-Mars, en 1889.

Observations générales.

Les projets d'éclairage ont été étudiés suivant les instructions données par M. Léon Bertrand, ingénieur adjoint à la Direction de la Compagnie Parisienne du Gaz, par le Service des Travaux mécaniques de la Compagnie, sous la direction de M. Auguste Lévy, ingénieur, chef de ce Service, assisté de M. Lucien Lévy, ingénieur adjoint; de



M. Chevalier, régisseur, et de M. Hart, chef du laboratoire des Ateliers du Landy.

L'installation de la canalisation et des appareils d'éclairage a été faite, conformément aux projets arrêtés par la Compagnie, d'accord avec le Commissariat général, sous la direction de M. de Mont-Serrat, ingénieur, chef du Service Extérieur, par le Service de la Canalisation (Ingénieurs: MM. Vialay et Baron; Inspecteur principal: M. Arnould), et le fonctionnement de l'éclairage a été assuré par le Service de l'Éclairage (Ingénieurs: MM. Saum et Gaudry; chef de section: M. Franceschini).

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
PRÉLIMINAIRES :	
Participation de la Compagnie à l'Exposition de 1900.....	1
Convention pour l'éclairage des parcs et jardins du Champ-de-Mars et du Trocadéro (23 janvier 1900).....	2
I. Historique de l'application des becs intensifs à l'éclairage public et principes qui ont servi de point de départ au projet concernant l'Exposition de 1900.....	
Bougies électriques Jablochhoff 1877; becs du Quatre-Septembre; becs Guibout-Giroud (1889); becs Schulke.....	2 et 3
Laboratoire d'essais (1890-1891) et chambres photométriques...	3
Essais de 1893-1894.....	4
Becs Auer (1885-1891).....	5
Essais avec le gaz sous pression (novembre 1893).....	5
Essais de 1895-1897.....	5
Essais avec l'air sous pression (1895).....	6
Becs Denayrouse avec ventilateur (1896).....	6
Becs Denayrouse sans ventilateur (1897).....	6
Becs Auer n° 3 (1897).....	6
Emploi de l'incandescence par le gaz sur la voie publique à Paris: 1.450 becs Auer (1894); becs Denayrouse (abords de l'Opéra, 1898-1899).....	7
II. Préparation spéciale du projet d'éclairage intensif à l'Exposition de 1900.....	
Suppression du gaz à mm 200; becs Auer, Bandsept (1899)...	8 et 9
III. Principes photométriques.....	
Photomètres Foucault, Mascart.....	10 à 12
Essais d'intensité sphérique (méthode Ayrton et Perry).....	13
Essais d'éclairement sur le sol.....	16
IV. Études et essais relatifs à la suppression du gaz.....	
Courbes des rendements, intensités et débits des becs Auer et Denayrouse (pressions de mm 80 et mm 200).....	17 et 18
Tableaux des débits et des intensités avec diverses pressions.....	19
V. Modification des lanternes.....	
Lanterne Opéra.....	20 et 22



VI. Description de l'éclairage au gaz des parcs du Champ-de-Mars et du Trocadéro.....	23
1° Pression de mm 200 : nomenclature des appareils employés..	24
2° Pression normale : nomenclature des appareils employés.....	26
Tableau indiquant le nombre des candélabres, des lanternes et des brûleurs.....	28 et 29
Modes d'allumages : 1° à la veilleuse; 2° à la perche spéciale	30 à 32
Résultats des essais d'éclairage sur le sol.....	30
VII. Résultats généraux et comparaison de l'éclairage des Expositions de 1889 et 1900.....	33
Observations générales.....	35

2° CHAUFFAGE AU GAZ

Préliminaires.

L'application du Gaz au chauffage domestique n'est entrée qu'assez récemment dans les usages courants, grâce à la construction de foyers pratiques destinés à être substitués aux appareils alimentés soit au bois, soit au charbon.

La Compagnie Parisienne du Gaz s'est efforcée de favoriser le développement de cet emploi du gaz en faisant connaître au public les nombreux avantages qu'il présente et en mettant à sa disposition des appareils bon marché, d'un emploi facile et sûr. Outre les recherches personnelles qu'elle a poursuivies dans ses Laboratoire et Ateliers, elle a facilité aux constructeurs étrangers les essais de tous genres que ces derniers désiraient effectuer ; elle leur a fourni le moyen gratuit et facile de mettre sous les yeux du public et de faire fonctionner devant lui, dans ses Magasins d'Exposition, créés dans ce but spécial, les appareils de chauffage au gaz appropriés aux usages de la vie domestique et convenant le mieux aux emplois industriels.

En même temps qu'elle accordait ces avantages aux fabricants de foyers à gaz, la Compagnie s'imposait la règle absolue de ne laisser présenter aux visiteurs de ses Magasins aucun appareil dont la construction vicieuse pourrait occasionner quelque mécompte à l'usage, soit par suite de l'inobservation des règles de l'hygiène, soit à cause des dangers possibles d'accidents, etc.



A cet effet, elle a affecté une partie de son laboratoire spécial du Landy aux essais des appareils à gaz, dont la description est donnée ci-après. On y contrôle le fonctionnement de tous les appareils que les constructeurs lui demandent l'autorisation d'exposer dans ses magasins, ainsi que celui des foyers, calorifères, etc. construits dans ses propres ateliers.

Laboratoire d'essais des Appareils à gaz.

Ce laboratoire, installé en 1890-91, dans les Ateliers du Service des Travaux mécaniques, est affecté spécialement aux essais de chauffage et aux essais photométriques.

Le plan (voir Pl. II, fig. 1) en fait connaître les dispositions principales.

A est une pièce réservée aux manipulations de toutes sortes.

D est une chambre noire destinée aux essais photométriques.

La pièce A comporte en *a* et *a'* deux hottes de tirage sous lesquelles fonctionnent, en permanence, les becs en essais de durée, tels que ceux comportant l'emploi des manchons à incandescence et, d'une manière générale, tous les appareils soumis à des expériences physiques.

En *f* et en *g* sont disposés des compteurs d'expériences permettant de déterminer avec une exactitude absolue la consommation des appareils étudiés; les expériences chimiques, analyses, manipulations photographiques, etc., sont faites en *bb*.

En *d* est un gazomètre d'expériences, d'une capacité de 1 300; il est relié par des conduites en plomb avec les appareils photométriques de la chambre D.



En *c* est un tuyau de tirage réservé pour les appareils chauffe-bains, appareils de cuisine, etc.

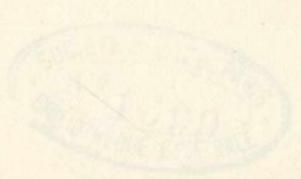
La pièce *D* est réservée spécialement aux expériences de photométrie; elle est divisée en trois parties :

- d*¹ où se font les visées;
- d*² où est placée la lampe-étalon ;
- d*³ où est placé le bec à essayer.

Chambres d'essais des appareils de chauffage. — La partie du laboratoire affectée exclusivement aux essais des appareils de chauffage se divise en deux salles *B* et *C* de forme et de dimensions identiques; leur capacité respective est de m³ 57. On a ainsi la possibilité de faire simultanément l'essai de deux appareils analogues placés dans les mêmes conditions.

Dans chacune d'elles, la cheminée est placée en *h* et *h'*. Enfin, en *q* et *q'*, on a installé un compteur d'expériences avec chronographe à déclenchement automatique. Les cheminées, qui sont de même hauteur, ont une section de dm² 9; elles sont munies de registres permettant de faire varier le tirage, et percées de plusieurs orifices pour déterminer la température intérieure à diverses hauteurs, faire des prises de gaz brûlés pour analyser leur composition, etc.

On trouvera ci-après le résumé des divers essais auxquels les appareils à gaz sont soumis avant d'être livrés au public, avec l'exposé des méthodes scientifiques adoptées par la Compagnie pour ces essais.



ESSAIS DES APPAREILS DE CHAUFFAGE.

Les essais portent sur les points suivants :

I. Vérification des conditions hygiéniques de construction des appareils.

II. Vérification de la combustion complète et totale du gaz.

III. Détermination du rendement calorifique des appareils.

IV. Vérification du bon fonctionnement de l'appareil à l'usage.

I. Vérification des conditions hygiéniques de construction des appareils.

Les produits de la combustion *complète* du gaz de houille sont de l'acide carbonique et de la vapeur d'eau. Ces gaz, en s'accumulant dans l'atmosphère d'une pièce, la vicieraient et pourraient incommoder les personnes y séjournant. Il pourrait même y avoir danger si la combustion était *incomplète* car il y aurait alors production d'un peu d'oxyde de carbone, ainsi que des hydrocarbures non décomposés. Pour être hygiénique, un appareil de chauffage doit donc évacuer complètement tous les gaz brûlés. La première série d'essais consiste à s'assurer que cette condition est remplie.

Le procédé adopté tient compte de ce que l'air, à l'état normal, renferme de l'acide carbonique et de la vapeur d'eau.

La proportion de vapeur d'eau *dans l'atmosphère* est



essentiellement variable d'un moment à l'autre et, par conséquent, aucune indication précise ne peut être tirée commodément de sa présence. Mais il n'en est pas de même pour l'acide carbonique dont la teneur dans l'air oscille de façon constante entre $3/10.000$ et $4/10.000$. Si donc, par un vice de construction quelconque de l'appareil, une partie des gaz brûlés se répand dans l'atmosphère de la chambre d'essai dont les portes et la fenêtre demeurent fermées pendant les expériences, la proportion d'acide carbonique augmentera et dépassera ces limites.

L'essai consiste donc dans le dosage de l'acide carbonique de l'air de la pièce.

Ce dosage se fait au moyen de l'appareil de Mohr représenté par le croquis (voir Pl. II, fig. 2). Il se compose d'un tube incliné A, rempli d'une solution de baryte suffisamment étendue et titrée avant l'opération. Ce tube est relié à un tube témoin B contenant également une solution de baryte colorée en rouge par quelques gouttes de phénolphtaléine. Ce tube témoin est enfin relié à un aspirateur jaugé d'une contenance de l 10.

On opère de la façon suivante : l'air à analyser entre bulle à bulle par un petit tube de verre *a* ; il traverse A et s'y dépouille de son acide carbonique, puis s'en va dans l'aspirateur en traversant le tube B. Si, par suite d'un accident quelconque, il y avait encore de l'acide carbonique, celui-ci saturerait la baryte du tube B et décolorerait la phénolphtaléine. On serait ainsi prévenu.

La solution de baryte de A est recueillie et filtrée pour en séparer le carbonate formé. Un second titrage permet de déterminer la quantité qui s'est précipitée et, par suite, l'acide carbonique absorbé.

D'une façon générale, sont considérés comme n'étant pas suffisamment hygiéniques tous les appareils pour lesquels





la teneur en acide carbonique dans la pièce dépasse 5/10.000 après 10 heures de fonctionnement.

II. *Vérification de la combustion complète et totale du gaz.*

La seconde série d'essais a pour but de rechercher si la combustion est bien complète dans l'appareil. En effet, si elle ne l'était pas, l'appareil pourrait devenir dangereux et le combustible serait mal utilisé, sa puissance calorifique totale n'étant pas mise à profit. Le danger n'existerait réellement qu'au cas où l'évacuation totale des gaz brûlés ne serait pas assurée; il faudrait donc le concours de ces deux circonstances: combustion incomplète et mauvaise évacuation des gaz brûlés. Il a été exposé les procédés employés pour vérifier cette dernière condition, on vérifie aussi la première de la façon suivante:

Pour s'assurer si la combustion du gaz est *complète*, on fait fonctionner l'appareil sans tuyau de dégagement; on laisse donc les gaz brûlés se répandre dans la pièce et on cherche ensuite si l'air contient des traces d'oxyde de carbone ou d'hydrocarbures. Les corps principaux prenant naissance dans la combustion incomplète du gaz d'éclairage, étant, en effet, de l'acétylène, des corps analogues, formène, etc., et de l'oxyde de carbone.

En réalité, la combustion du gaz n'est jamais assez incomplète pour qu'il y ait une grande quantité de gaz non brûlés: ce qu'il s'agit de chercher ce sont toujours de faibles traces. Jusqu'à ces dernières années, l'on n'avait pas de procédé vraiment pratique pour doser des traces d'oxyde de carbone dans l'air. Le procédé de M. le D^r Gréhan, professeur au Muséum, basé sur la fixation de ce gaz par le sang d'un mammifère vivant, et l'analyse subséquente au



grisoumètre des gaz dégagés par une prise de ce sang faite sur l'artère carotide, ne peut, en effet, être employé par des expérimentateurs qui ne sont pas des physiologistes.

M. Nicloux, maître de conférences de M. Gréhan au Muséum d'Histoire naturelle, a imaginé récemment un autre procédé, qui a été essayé puis adopté au laboratoire du Landy en février 1899 et qui a l'avantage de reposer sur une méthode colorimétrique.

Le phénomène utilisé est l'oxydation de l'oxyde de carbone par l'acide iodique anhydre, à la température de 150° avec mise en liberté d'iode et formation d'acide carbonique. On peut dire de suite qu'il y a une cause d'erreur, mais qui n'a aucune importance pour le but considéré. La réaction se produit également avec les vapeurs d'hydrocarbures résultant de la combustion incomplète du gaz. Les résultats obtenus sont donc ou exacts ou trop forts, quant à la proportion d'oxyde de carbone existant dans l'air analysé, mais le renseignement cherché, à savoir s'il y a, oui ou non, combustion complète, est toujours fourni.

L'appareil employé présente la disposition représentée par le croquis (voir Pl. II, fig. 3).

Le gaz à analyser est contenu dans une cloche graduée A, au sortir de laquelle il passe dans deux tubes en U.

B, rempli de pastilles de potasse où il se dépouille de l'acide carbonique et de l'eau qu'il renferme.

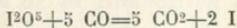
C, rempli de ponce sulfurique où il achève de se dessécher.

L'acide iodique est enfermé dans le tube en U, D; ce tube plonge dans un bain d'huile dans lequel se trouve aussi un thermomètre. L'huile est chauffée à la température de 150° qui doit rester constante.

En E est un tube laveur contenant une solution de potasse.

En F est un aspirateur à eau.

Au passage de l'oxyde de carbone, l'acide iodique est réduit et il y a mise en liberté de l'iode :



Cet iode est retenu dans le tube E que les gaz traversent bulle à bulle à l'état d'iodure de potassium. L'acide carbonique est également absorbé avec formation de carbonate de potasse.

L'iodure est ensuite décomposé par l'azotite de potasse, en présence de l'acide sulfurique avec mise en liberté de l'iode que l'on rassemble à l'aide de $cm^3 5$ de sulfure de carbone. L'on obtient ainsi une coloration violette.

On agit de même avec une solution titrée d'iodure de potassium (gr 0,1 d'iodure par centimètre cube) qu'on fait tomber goutte à goutte dans une éprouvette contenant de l'azotite de potasse et de l'acide sulfurique ainsi que du sulfure de carbone (tous ces réactifs sont en même quantité que dans le cas précédent), jusqu'à obtenir l'égalité de coloration. On connaît ainsi la quantité d'iodure formée dans le tube E et, par suite, la quantité d'acide iodique décomposé, d'où l'on déduit la quantité d'oxyde de carbone cherchée.

Ce procédé, très sensible, permet de doser jusqu'à $1/40.000$ et $1/60.000$ d'oxyde de carbone.

III. Détermination du rendement calorifique des appareils.

La valeur de l'appareil, au point de vue hygiénique, étant déterminée, on procède à l'étude du rendement dans les conditions de fonctionnement normal indiquées par le constructeur.

Cette étude porte sur les deux points suivants :