Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 73 (1947)
Heft: 12

Artikel: L'éclairage public
Autor: Burger, D.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-55134

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

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

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

Download PDF: 05.07.2025

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

73e année — 7 juin 1947 — N° 12

BULLETIN TECHNIQUE
DE LA SUISSE ROMANDE

Paraissant tous les 15 jours

ABONNEMENTS :
Suisse : 1 an, 20 francs
Etranger : 25 francs
Pour sociétaires :
Suisse : 1 an, 17 francs
Etranger : 22 francs

Prix du numéro : 1 Fr. 25

Pour les abonnements s'adresser à la librairie F. Rouge & Cie, à Lausanne.

Organe de la Société suisse des ingénieurs et des architectes, des Sociétés vaudoise et genevoise des ingénieurs et des architectes, de l'Association des anciens élèves de l'Ecole polytechnique de l'Université de Lausanne et des Groupes romands des anciens élèves de l'Ecole polytechnique fédérale.

COMITÉ DE PATRONAGE. — Président : R. Neeser, ingénieur, à Genève ; Vice-président : G. Epitaux, architecte, à Lausanne ; secrétaire : J. Calame, ingénieur, à Genève. Membres : *Fribourg :* MM. L. Hertling, architecte ; P. Joye, professeur ; *Vaud :* MM. F. Chenaux, ingénieur ; E. Elskes, ingénieur ; E. d'Okolski, architecte ; A. Paris, ingénieur ; Ch. Thévenaz, architecte ; *Genève :* MM. L. Archinard, ingénieur ; E. Martin, architecte ; E. Odier, architecte ; *Neuchâtel :* MM. J. Béguin, architecte ; G. Furter, ingénieur ; R. Guye, ingénieur ; *Valais :* M. J. Dubuis, ingénieur ; A. de Kalbermatten, architecte.

Rédaction : D. Bonnard, ingénieur, Case postale Chauderon 475, Lausanne.

Publicité :
TARIF DES ANNONCES
Le millimètre (larg. 47 mm.) 20 cts.
Réclames : 60 cts. le mm. (largeur 95 mm.)
Rabais pour annonces répétées.

ANNONCES-SUISSES S.A.
5, rue Centrale Tél. 2.33.26
LAUSANNE
& Succursales.

CONSEIL D'ADMINISTRATION DE LA SOCIÉTÉ ANONYME DU BULLETIN TECHNIQUE
A. Stucky, ingénieur, président ; M. Bridel ; G. Epitaux, architecte ; R. Neeser, ingénieur.

SOMMAIRE : *L'éclairage public*, par D. Burger. — Divers : *Les propergols, fluides moteurs des engins autopropulsés.* — Société suisse des ingénieurs et des architectes : *Communiqué du Comité central ; Communiqué du Secrétariat ; Echange de stagiaires.* — Association amicale des anciens élèves de l'Ecole polytechnique de l'Université de Lausanne : *Le 25e anniversaire de l'Association française de l'A³ E² P L ; Assemblée générale de l'Association suisse de l'A³ E² P L.* — Carnet des concours. — Service de placement.

L'éclairage public

par D. BURGER

Préambule.

De tout temps l'homme a cherché à s'affranchir de l'obscurité. Le feu, la lampe à huile, la chandelle marquent les étapes d'une forme de progrès parfois bien lent mais continu. Il faut attendre le XIXe siècle pour assister à une évolution plus rapide : le bec à gaz, la lampe à pétrole, le bec Auer s'effacent tour à tour pour faire place à l'éclairage électrique.

Dans le domaine particulier de l'éclairage public, la chronique rapporte que « ce fut en 1667 que l'on plaça dans quelques carrefours de Paris — la ville Lumière — des réverbères à chandelles, au grand étonnement des bons bourgeois qui, la nuit venue, s'assemblaient au dehors pour admirer les effets d'une civilisation dont le dernier terme leur semblait arrivé ».

Progrès remarquable si l'on en juge à la sécurité des rues qui était un mythe dès la nuit tombée. « Seuls les seigneurs pouvant se faire escorter de laquais armés et de pages porteurs de flambeaux avaient la faculté de sortir ». Détail amusant : les bourgeois étaient tenus d'allumer à tout de rôle les nouveaux luminaires. C'était souvent une corvée mais qui recelait parfois une compensation : celle de couper subrepticement un morceau de chandelle pour son usage personnel !

Laissons de côté l'anecdote historique. Eclairer, c'est prolonger le jour. Prolonger le jour, c'est maintenir l'activité. Au fur et à mesure que l'éclairage se perfectionnait, il permit à l'activité nocturne de se développer. On assiste aujourd'hui au renversement des rôles et, dans le cas qui nous intéresse, la circulation intense, le trafic routier, la vitesse des véhicules exigent un éclairage sans cesse amélioré et adapté aux circonstances. Besoin primordial, non seulement de la cité moderne mais de toutes les voies de communication.

Dans les lignes qui vont suivre, nous étudierons successivement les différents éléments qui composent une installation d'éclairage public. Les sources de lumière, quelques notions de photométrie, les luminaires et leur disposition nous permettront de fixer les conditions propres à l'obtention d'un bon éclairage. La distribution de l'énergie électrique à l'ensemble des foyers et la commande automatique des fonctions d'éclairage termineront cet exposé en marquant les étapes de très réels progrès.

Les sources de lumière.

Au milieu du XIXe, siècle les travaux de laboratoire des physiciens permirent quelques réalisations pratiques mais c'est plutôt le dernier quart du siècle qui vit les premières lampes à arc et les bougies électriques. Ces deux sources sont basées sur la combustion de deux électrodes de charbon entre lesquelles l'arc jaillit. Dans le premier cas, les charbons sont en opposition sur un même axe vertical. La combustion des crayons augmentant la distance qui les sépare, il faut périodiquement régler leur écart. Cette nécessité fit apparaître des systèmes régulateurs très ingénieux ; nous ne les décrirons pas, ils appartiennent à l'histoire. Dans le second cas, les charbons disposés parallèlement se consumaient de même, exactement comme une bougie, d'où leur nom.

Le flux lumineux émis par la lampe à arc est intense mais peu stable. Le rendement est de 15 lumens/watt et dans des modèles perfectionnés il atteint même 60 lm/W. En revanche, la durée d'utilisation est très courte. Il faut chaque jour remplacer les charbons consumés. C'est pourquoi les portiques et les candélabres sont généralement munis d'un treuil permettant d'abaisser la lampe. L'instabilité de l'arc et l'entretien journalier des armatures sont les deux principaux défauts qui ont condamné cette lampe.

Parallèlement aux premières applications de l'arc électrique on assiste à la naissance de la lampe à incandescence. Elle est

le fruit des travaux de divers savants dont le célèbre Edison. Elle se compose d'un filament de carbone étiré, placé dans un globe de verre privé d'air et porté à l'incandescence par le courant électrique. Théoriquement, le vide doit empêcher la combustion. Pratiquement, la température du filament ne peut être poussée à une valeur supérieure à 1800° sous peine de destruction trop rapide. En se perfectionnant, la lampe devient robuste, beaucoup plus pratique à l'usage que la précédente, mais son rendement est mauvais. Il est de l'ordre de 3,5 à 4 lm/W, la lumière émise est rougeâtre ; il faut trouver mieux.

Ouvrons ici une parenthèse. L'émission lumineuse d'un corps incandescent est fonction de la température à laquelle on peut le porter. Plus la température est élevée, plus grand est son pouvoir lumineux. D'autre part, notre vision du monde extérieur est conditionné par la lumière solaire. Or nous savons que la température superficielle du soleil se situe aux environs de 5700° et que son spectre présente un maximum de puissance rayonnée dans le jaune, donnant ce que l'on a convenu d'appeler la lumière blanche. Si le dosage du spectre solaire changeait, notre appréciation de l'univers deviendrait différente.

Il découle de ces remarques que le premier facteur susceptible d'améliorer la lampe à incandescence, au double point de vue du rendement et de la qualité de la lumière, consiste à élever la température du filament. C'est à quoi s'acharnèrent les constructeurs. Le filament de carbone fut remplacé successivement par l'osmium, le tantale et, enfin, le tungstène. Ce dernier métal est extrêmement dur, sa température de fusion atteint 3100°. Ces particularités permirent d'augmenter la température de régime mais vers 2100° le filament se volatilisait. C'est alors qu'on imagina de renoncer au vide, de remplir le ballon de verre par un gaz inerte et de boudiner le filament pour diminuer sa surface de contact avec le gaz. Grâce à cette nouvelle technique, la température put être élevée à 2400° sans dommage ; la lampe à remplissage d'argon ou d'argon et de krypton mélangés était créée. Le rendement lumineux atteint 14 à 18 lm/W, il a plus que triplé et rejoint celui d'une lampe à arc sans en avoir les inconvénients, la lumière obtenue est beaucoup plus blanche.

Il semblerait donc logique de persévérer dans cette voie et de porter la température du filament au maximum compatible avec la nature des matériaux employés. On est cependant limité par deux impératifs, la robustesse et la durée du filament, sous peine de faire de la lampe un objet trop coûteux ou de mauvais rendement. Les lampes usuelles sont construites selon les normes leur assurant une durée moyenne de 1000 heures, durée qui correspond approximativement au fonctionnement le plus économique, compte tenu du prix moyen de l'énergie électrique et du prix d'achat de la lampe.

Les caractéristiques techniques d'une lampe moderne sont les suivantes :

la tension en volts pour laquelle elle est construite,

la puissance absorbée en watts,

le flux lumineux total émis Φ, exprimé en lumens (lm) ou, le plus souvent dans son multiple décalumen (Dlm),

l'efficacité lumineuse (rendement), quotient du flux lumineux par la puissance absorbée

$$\frac{\Phi}{W} \text{ en } lm/W.$$

A ces caractéristiques s'ajoutent les facteurs commerciaux :

durée de vie : 1000 heures,

diminution maximum du flux lumineux : 20 % au bout de 1000 heures,

rendement minimum : suivant type et calibre.

Sans entrer dans une étude complète, disons simplement que si une lampe établie pour une tension u volts est survoltée de 5 %, son flux augmente de 20 %, son efficacité lumineuse de 10 % mais sa durée diminue de 50 %. Inversement une lampe sous-voltée de 5 % voit son flux diminuer de 20 %, son efficacité lumineuse de 10 % et sa durée augmenter de 100 %. L'art du constructeur consiste ainsi à tenir le meilleur équilibre entre les deux facteurs opposés, rendement — durée. Ce n'est d'ailleurs pas le seul objet où l'activité humaine procède par dosage minutieux !

Afin de renseigner le public sur la qualité d'une lampe, l'Association suisse des électriciens (ASE) et l'Union des centrales suisses (UCS) ont créé l'estampille d'essai (lettre grecque Φ estampillée sur le culot) apposée sur les lampes qui répondent aux conditions ci-dessus. Ces deux institutions soumettent périodiquement les produits des fabricants à des contrôles.

Les lampes destinées à l'éclairage public (désignées par la lettre S) sont moins poussées que les lampes usuelles, car elles sont davantage exposées aux détériorations causées par la pluie, le vent, les trépidations et leur remplacement est beaucoup plus onéreux que pour les lampes servant à l'éclairage privé. Leur durée de vie est fixée à 2500 heures et leur rendement moyen est par conséquent réduit de 17 à 20 %.

Les sources lumineuses mentionnées jusqu'ici sont produites par l'échauffement d'un corps solide, que ce soit à l'air libre ou en vase clos. Il existe cependant un autre moyen de produire de la lumière électrique par la décharge dans un gaz. Le principe n'est pas nouveau puisque le physicien Geissler le mit en évidence en 1856. Il consiste à soumettre un gaz contenu dans un tube à une différence de potentiel appliquée à deux électrodes soudées aux extrémités du tube. Les électrons sont arrachés de la cathode et, en se portant sur l'anode, bombardent les atomes de gaz rencontrés sur leur passage. L'équilibre des atomes momentanément modifié produit une émission d'énergie lumineuse caractérisée par la nature du gaz, sa pression et la tension appliquée aux électrodes. Le premier facteur détermine la couleur, les deux autres l'intensité du flux lumineux.

Les décharges électriques dans un gaz demeurèrent longtemps simple expérience de laboratoire. Toutefois en développant les résultats acquis on est arrivé à construire depuis quelques années des sources lumineuses utilisables en pratique. Nous ne citerons qu'en passant les tubes « à néon » — remplis de bien d'autres gaz que le néon — fonctionnant à haute tension et basse pression, pour nous arrêter un peu plus longuement aux lampes à décharge construites pour des pressions de 7 a 20 atmosphères et des tensions beaucoup plus basses, à partir de 220 volts.

Extérieurement elles ont l'aspect de lampes ordinaires mais contiennent à l'intérieur de leur ballon un tube de verre renfermant les électrodes et le gaz nécessaire. Ces lampes ne peuvent être branchées directement sur le réseau de distribution, elles nécessitent un dispositif d'amorçage constitué par une bobine de self-induction. La lampe à décharge exige ainsi un certain temps de démarrage avant de rayonner son flux lumineux maximum. La réactance montée en série limite le courant absorbé à l'enclenchement et réduit la tension appliquée aux électrodes. Le courant traversant l'ampoule intérieure volatilise progressivement le métal qui s'y trouve jusqu'à saturation tandis que la force contre-électro-motrice du tube atteint sa valeur maximum. Dès lors l'intensité se trouve réduite au minimum et la lampe prend sa stabilité dans un intervalle de 5 à 10 minutes suivant les modèles.

La lumière émise par les lampes à décharge est mono-

chromatique ce qui limite leur emploi dans les cas où une altération des couleurs n'engendre pas d'inconvénient. Leur rendement est élevé et atteint la valeur de 40 à 50 lm/W ou de 20 à 25 lm/VA suivant que l'on tient compte de la puissance absorbée ou de la puissance apparente à fournir. Les fabricants préfèrent souligner la première valeur (c'est humain) tandis que les exploitants sont bien obligés de tenir compte avant tout de la deuxième, ne serait-ce que pour les chutes de tension en ligne. Ce mauvais facteur de puissance peut se corriger par un condensateur, organe qui n'a pas que des avantages. Parmi les lampes à décharge, citons :

La lampe à vapeur de sodium, émettant une lumière jaune qui perce le brouillard et qui a l'avantage de donner une vision particulièrement nette des objets. On l'utilise pour l'éclairage des voies de communication, canaux, ports, gares. Elle est désignée dans le commerce par l'abrévation de So ou Na suivie de la valeur du flux lumineux. Durée de vie théorique 3000 heures (fig. 1).

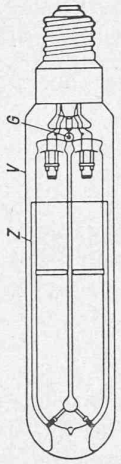

Fig. 1.
Lampe à vapeur de sodium SO 500.

Le sodium se trouve dans le tube intérieur en forme de U aux extrémités duquel on remarque les filaments d'amorçage.

(Reprod. *Bibl. technique Philips.*)

La lampe à vapeur de mercure (abréviation HP ou Hg) émet une lumière vert-bleu qui limite passablement son champ d'application mais convient pour l'éclairage des routes. On l'emploie aussi pour l'illumination d'objets de même teinte, les feuillages par exemple. Durée 2000 heures (fig. 2).

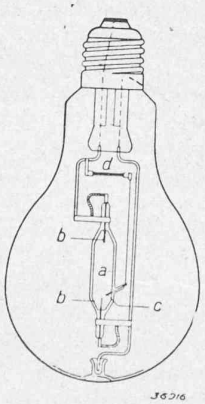

Fig. 2.
Lampe à vapeur de mercure HP 300.

a) tube à décharge ; b) électrodes principales ; c) électrode auxiliaire reliée par une résistance d) à une électrode principale.

(Reprod. *Revue technique Philips.*)

Mais la couleur de la vapeur de mercure limitant par trop ses applications possibles, les fabricants ont imaginé de l'associer à la lumière d'une lampe à incandescence riche en rayon rouge. Cette idée a donné naissance à :

l'armature mixte, contenant une lampe à mercure et une lampe à incandescence dont les flux savamment dosés et mélangés par un diffuseur approprié donnent approximativement de la lumière blanche.

Une autre manière de compenser l'absence de rouge consiste à enduire intérieurement le ballon de verre d'une peinture luminescente excitée par le rayonnement du mercure. La lumière émise se rapproche sensiblement du blanc mais le rendement est un peu moins bon.

Enfin, les fabricants ont créé :

La lampe mixte (abréviation ML) composée d'un tube à mercure et d'un filament de tungstène enfermés dans le même ballon (fig. 3). Le filament en série avec le tube joue, entre

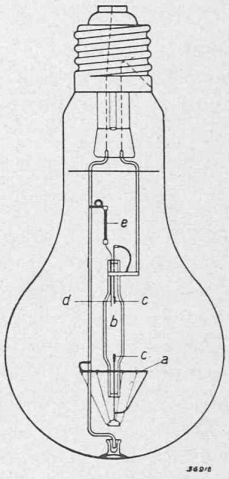

Fig. 3.
Lampe mixte ML 500.

a) filament dans une atmosphère d'argon et d'azote ; b) tube à décharge ; c) électrodes principales ; d) électrodes auxiliaires ; e) résistance.

(Reprod. *Revue technique Philips.*)

autre, le rôle de dispositif d'amorçage. Ce système a donc l'avantage de fonctionner sans réactance et sans armature spéciale à deux lampes. Le filament sous-volté en marche normale émet davantage de rayons rouges, facteur favorable au résultat recherché. En revanche, pendant la durée de l'amorçage le filament est survolté, facteur de destruction prématurée. Nous voilà en face d'un paradoxe : un tube à mercure valable 2000 heures et un filament usé au bout d'un temps plus court. Cette difficulté doit être vaincue pour faire de la lampe « ML » un objet pratiquement utilisable.

Eclairement.

Avant de poursuivre notre exposé, qu'on nous permette de rappeler quelques grandeurs photométriques.

L'intensité lumineuse (I) d'une source s'exprime en bougies, unité admise le 1er janvier 1940. *La bougie nouvelle* (b) est la 60e partie du rayonnement d'une surface de 1 cm^2 de thorium porté à la température de solidification du platine (2046°).

Une source de lumière n'étant jamais ponctuelle, l'intensité n'est valable que pour une direction donnée. En considérant l'émission totale de lumière d'une source on arrive à la notion de *flux lumineux* (Φ) qui s'exprime en lumens. Considérons une sphère de 1 m de rayon au centre de laquelle se trouve une source d'une bougie : le flux lumineux tombant sur 1 m^2 de la surface sphérique a pour valeur *1 lumen* (lm). Le flux total émis par cette source est donc égal à la surface sphérique totale multipliée par 1 lm, soit 4π lm. La notation en lumen remplace de nos jours toutes les autres et, comme sa valeur est faible, on emploie très souvent son multiple 10 fois supérieur, le Décalumen (Dlm). C'est ainsi que l'on ne parle plus de lampes de 100 bougies (ou watt) mais bien de 125 Dlm.

L'effet obtenu par un flux lumineux frappant une surface se nomme *éclairement* (E) et se traduit en lux. Le *lux* (lx) est l'éclairement d'une surface de 1 m^2 recevant un flux de 1 lumen uniformément réparti. Mais on peut dire aussi que le lux est la quantité de lumière que reçoit normalement une surface

unité placée à la distance unité d'une source d'une bougie. Si la distance entre la source et le plan s'accroît, l'éclairement diminue en fonction du carré de la distance et inversement. On peut donc poser :

$$E = \frac{I}{d^2}.$$

Si l'incidence de la lumière est oblique, l'angle α par rapport à la normale au plan complète la relation précédente :

$$E = \frac{I_\alpha}{d^2} \cos \alpha.$$

Enfin, si la distance d est difficile à mesurer, ce qui est le cas pour l'éclairage public, on la remplace par la hauteur h de la lampe au-dessus du sol, et l'équation devient :

$$E = \frac{I_\alpha}{h^2} \cos^3 \alpha.$$

I_α étant l'intensité lumineuse dans la direction formant un angle α avec la verticale. Remarquons que sous un angle de 45°, l'éclairement moyen est environ 3 fois plus faible que dans la projection verticale.

Cette notion d'éclairement est très importante car c'est elle, en définitive, qui permet de porter un jugement sur le rendement d'une installation d'éclairage. L'éclairement est une notion concrète et objective, qui peut se mesurer à l'aide d'un luxmètre mais qui peut aussi se calculer d'avancer pour l'établissement de projets, par opposition à toutes les appréciations subjectives qui émanent de l'œil. Partant de la valeur de l'éclairement à obtenir, on remontera à la source de lumière pour en déterminer la puissance, en tenant compte de la hauteur des luminaires, de leur écartement et de l'incidence du flux.

L'expérience a permis de fixer des valeurs d'éclairement conformes aux besoins actuels et le tableau ci-dessous donne les valeurs recommandées par le Comité suisse de l'éclairage (C. S. E.).

Genre de voies	Valeurs recommandées	
	Eclairement moyen lx	A l'endroit le plus sombre lx
Rues et places :		
à faible trafic	3	0,5
à moyen trafic	8	1,5
à grand trafic	15	4
Routes principales	8	1,5
Passages et escaliers :		
à faible trafic	15	5
à grand trafic	30	10
Voies de chemin de fer :		
à faible trafic	1,5	0,5
à grand trafic	5	2
Quais de voyageurs et de déchargement :		
à faible trafic	15	5
à grand trafic	30	10

A ces premières notions fondamentales s'en ajoutent d'autres qu'il est indispensable de prendre en considération pour établir convenablement une installation. Nous les mentionnerons brièvement.

La brillance d'une surface éclairante est le rapport de l'intensité à la surface apparente de la source ; elle doit être assez faible pour ne pas blesser la vue. Son unité, le *stilb* (sb) est la brillance d'une source ayant une intensité d'une bougie par cm² de surface apparente.

L'éblouissement direct ou par réflexion doit être proscrit à cause de son effet d'aveuglement momentané.

Le *contraste* doit être suffisant pour faciliter la perception des objets.

Dans le cas qui nous intéresse, le contraste entre la luminosité de la chaussée et celle de l'obstacle, constitué par les piétons ou les véhicules, est essentiel pour la sécurité du trafic. C'est pourquoi il faut encore distinguer entre l'éclairement moyen horizontal qui est celui de la route et l'éclairement moyen vertical, celui de l'obstacle. Plus grand sera l'écart entre ces deux valeurs, meilleure sera la perception. A cet égard, et toutes choses étant égales d'ailleurs, le revêtement de la chaussée joue un rôle important. Un revêtement clair et grossier (béton) favorise l'éclairement moyen par réflexion diffuse de la lumière, même quand il est humide. En revanche, un revêtement sombre et poli (goudron) absorbe au lieu de réfléchir et diminue l'éclairement moyen ; de plus il provoque par la pluie l'éblouissement par réflexion des foyers. Pour matérialiser la nuance, nous dirons que dans le premier cas l'obstacle apparaît noir sur blanc et dans le second cas gris sur gris.

Enfin des facteurs de réflexion, d'absorption, de transmission des matériaux en présence modifieront en valeurs positives ou négatives le résultat recherché : un bon éclairement.

Luminaires.

Dans la grande majorité des cas, l'éclairage public utilise des luminaires à éclairage direct dont le rôle est de diriger vers le sol le flux lumineux total avec le minimum de pertes. Pour atteindre ce but, les luminaires sont équipés de réflecteurs en tôle émaillée ou revêtus de vernis-émail voire d'argenture à moins qu'ils ne soient constitués tout simplement par de l'aluminium poli. Certains modèles portent encore des diffuseurs de verre ou sont munis d'une optique directrice (lentilles prismatiques) ayant pour but d'allonger le faisceau dans l'axe de la route et de le limiter en largeur.

Pour chaque modèle, les constructeurs donnent la courbe polaire de répartition des intensités lumineuses qui renseignent l'usager sur l'intensité émise par la lampe et son réflecteur dans les diverses directions. La plupart des luminaires sont symétriques par rapport à leur axe vertical ; il en résulte que la répartition lumineuse est équivalente dans tous les plans passant par cet axe et que l'éclairement est identique sur une circonférence ayant pour centre la projection verticale du luminaire. Suivant que ce dernier est du type à réflecteur concentrant ou extensif (fig. 4), l'équidistance des supports d'armature sera plus petite ou plus grande. Cependant, l'écartement des foyers étant souvent supérieur à la largeur de la rue, on utilise également des réflecteurs ou des diffuseurs dissymétriques, comme nous venons de le dire.

Les luminaires sont équipés des types de lampes mis à disposition par la technique actuelle et l'expérience pratique préside au choix suivant :

Dans la cité, les artères principales, les places, les rues très fréquentées sont éclairées par la lumière mixte ou par l'incandescence, dans le double but d'obtenir un éclairage se rapprochant de la lumière blanche sans, pour cela, altérer l'aspect des passants !

Les rues secondaires, moins éclairées, le sont en général par l'incandescence, quelquefois par le mercure seul.

Les routes à grand trafic (les seules éclairées jusqu'ici) au sortir des agglomérations le sont par le sodium, lumière qui, si elle supprime les couleurs, possède le grand avantage d'accentuer la visibilité.

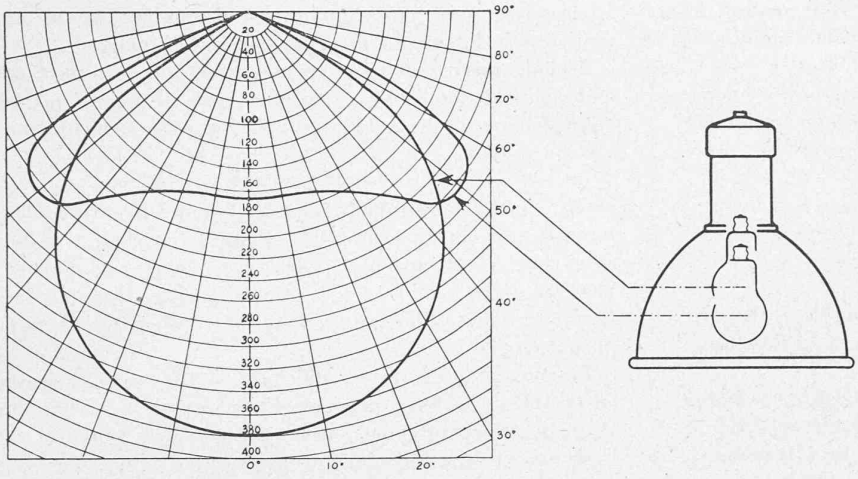

Fig. 4. — Réflecteur avec sa courbe polaire.

Si la lampe est enfoncée, le réflecteur est concentrant.
Si la lampe est avancée, le réflecteur est extensif.
Les valeurs de l'intensité sont exprimées en bougies pour une lampe à incandescence de 1000 lm.

Disposition des foyers.

Le genre de voie publique à éclairer détermine la disposition des foyers, leur nombre, le choix des supports, la hauteur des luminaires, leur écartement. Le tracé joue également son rôle, dans les courbes les lampes devant être plus rapprochées que dans les parties rectilignes. L'intersection d'une voie secondaire moins éclairée et d'une artère principale plus lumineuse, fait intervenir un facteur de correction soit dans la disposition des foyers, soit dans leur équipement, afin de ménager un éclairement progressif au débouché de la première dans la seconde.

Lorsque la rue est symétrique, bordée d'immeubles de chaque côté, le moyen le plus économique est de suspendre les luminaires à un câble d'acier ancré dans les façades. Les diffuseurs sont alors symétriques, disposés dans l'axe de la chaussée ou répartis deux à deux au-dessus de chaque moitié (fig. 5). Avec une disposition judicieuse l'éclairement moyen est bon et très uniformément réparti. Par contre, en temps de pluie et si le revêtement est goudronné, les foyers se réfléchissent et créent l'inconvénient bien connu des automobilistes, l'éblouissement par réflexion. En outre, la lampe suspendue se balance au gré de tous les vents, qui ne se font pas faute de la disloquer et de cisailler les fils d'alimentation.

Pour les voies urbaines asymétriques, ne possédant des immeubles que d'un seul côté et parfois un seul trottoir, les lampes sont supportées par des candélabres disposés généralement en bordure du trottoir. Une technique nouvelle recommande, au contraire, de fixer les luminaires à l'extrémité arquée de poteaux en tube de fer, dressés en bordure de la route mais en face du trottoir. De cette manière, l'incidence de la lumière est légèrement oblique, la chaussée est bien éclairée et le trottoir bénéficie du facteur de réflexion des immeubles (fig. 6).

Les places — à moins qu'elles soient suffisamment petites pour permettre un montage par câble — sont forcément équipées de candélabres. Si la place a de grandes dimensions, le candélabre à luminaires multiples s'impose. C'est probablement le seul cas où l'éclairage public essaie timidement d'être architectural.

Enfin, l'éclairage des routes est généralement réalisé à l'aide de poteaux en bois disposés d'un seul côté. Le luminaire est alors avancé par une console métallique. Ici encore l'incidence de la lumière est oblique dans le but d'égaliser l'éclairement moyen (fig. 7).

Eclairer correctement une ville ou des voies de communi-

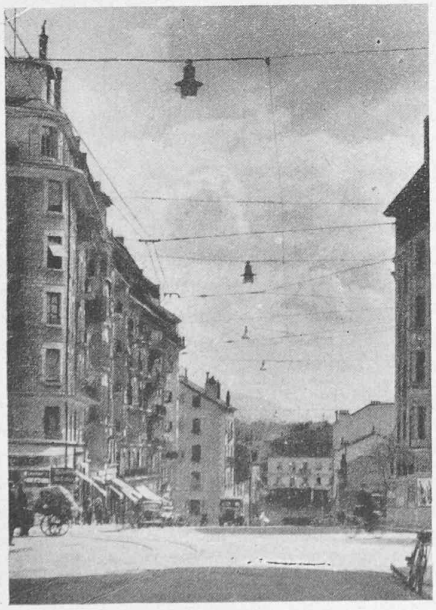

Fig. 5. — Luminaires suspendus.

Au premier plan, deux armatures mixtes mercure — incandescence avec réflecteur en tôle, diffuseur cylindrique en verre. Au deuxième plan, armatures en aluminium équipées de lampes à incandescence. Perpendiculairement aux câbles porteurs, le fil d'alimentation du groupe de lampes.

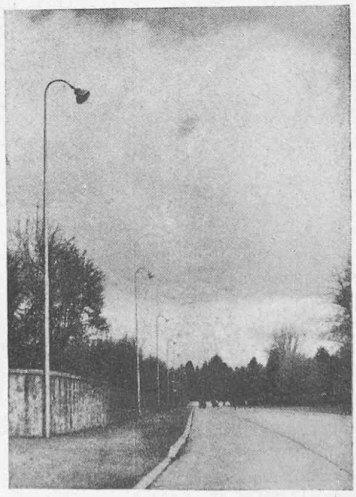

Fig. 6. — Luminaires à optique directrice, montés sur candélabres en tube de fer.

Alimentation du secteur par câble souterrain.

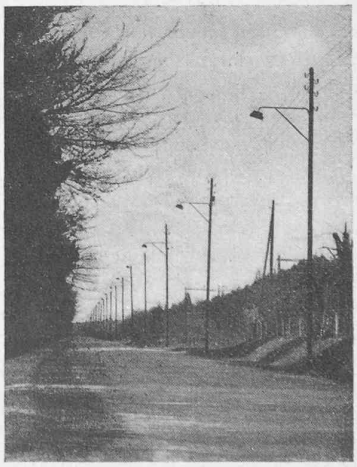

Fig. 7. — Luminaires montés sur poteaux et avancés par consoles métalliques.

Les armatures sont équipées de lampes au sodium. Alimentation par distribution aérienne.

cation n'est pas une petite affaire. Si l'on veut réaliser les conditions imposées par les exigences actuelles, que nous résumerons comme suit :

1° assurer un éclairement suffisant et aussi uniforme que possible, avec un contraste suffisant, un bon rendement et, dans les agglomérations, créer une ambiance lumineuse agréable ;

2° réaliser une installation robuste à l'épreuve du temps, régulière dans son fonctionnement, économique au triple point de vue des frais d'installation, d'exploitation et d'entretien ;

une foule de facteurs doivent être pris en considération. Et quand la technique a satisfait ses exigences, l'esthétique revendique les siennes, souvent opposées.

Du vieux réverbère en passant par le candélabre surchargé de motifs décoratifs en fonte grise, on est arrivé au style du tube de fer étiré à faux télescope et à la lampe suspendue. Tous ces supports, tous ces filins sont bien fâcheux pour l'harmonie d'une rue. Et c'est pourquoi on utilise actuellement, aux endroits convenables, des luminaires montés sur consoles qui ne sont, en somme, qu'un retour perfectionné au réverbère.

L'éclairage nocturne est avant tout utilitaire. A de rares exceptions près il n'a aucun caractère architectural car il y a trop souvent opposition entre ces deux qualités. Donnons comme exemple l'éclairage d'un pont : ou bien le pont est mal éclairé parce que la moitié du flux lumineux des armatures incorporées à l'architecture tombe... à l'eau, ou bien l'éclairement est correct et la superstructure du pont est abîmée le jour par la présence des supports et accessoires.

Las ! notre propos n'est pas de prétendre à une solution mais de relever simplement la difficulté.

(A suivre).

DIVERS

Les propergols fluides moteurs des engins autopropulsés [1].

Introduction.

Depuis l'apparition dans le ciel européen des engins allemands V1 et V2, l'autopropulsion est à l'ordre du jour dans tous les pays du monde.

La balistique, l'aérodynamique, la thermodynamique, la radiotechnique, la chimie sont mises à contribution dans l'étude de ce problème, auquel, il y a à peine quelques années, seuls les traités d'astronautique consacraient quelques chapitres.

En ce qui concerne la chimie, le problème n'était pour ainsi dire pas étudié : il était à peine posé. Si aujourd'hui les chimistes ont eu vent de l'emploi de comburants tels que le peroxyde d'azote, l'acide nitrique, le perhydrol, de combustibles spéciaux tels que l'hydrate d'hydrazine, des éthers, des amines, il n'en reste pas moins vrai qu'une telle utilisation de ces corps reste pour eux un sujet d'étonnement.

C'est dans le but de familiariser les chimistes avec ces nouveaux emplois de substances qu'ils connaissent bien, et c'est pour leur définir plus clairement les problèmes nouveaux qui se posent ou pourront se poser à eux, que nous nous sommes proposé d'exposer dans cet article l'état de nos conaissances à cet égard. Nous avons tenu compte des solutions connues et proposées à ce jour, dont un grand nombre ont été mises au point en Allemagne pendant la dernière guerre.

Afin de mettre en relief les questions qui se posent dans le domaine de l'autopropulsion, il est utile de donner quelques définitions et de rappeler quelques formules élémentaires.

Autopropulseur.

On appelle autopropulseur tout engin susceptible de se mouvoir sans utiliser de point d'appui extérieur, « la force propulsive étant engendrée par le recul que crée, d'après le principe d'inertie, l'éjection à grande vitesse, dans une direction déterminée, d'une partie de la substance même du mobile propulsé » .[1]

Les autopropulseurs transforment de l'énergie thermique en travail de la force propulsive au cours de réactions dans lesquelles, contrairement aux réactions des moteurs thermiques normaux, l'oxygène atmosphérique ne doit pas intervenir comme corps réagissant, ni l'azote atmosphérique comme gaz inerte.

On peut classer ces réactions dans l'ordre de grandeur des énergies spécifiques libérées en trois types principaux :

1° La désintégration de l'atome ;

2° La transformation de l'hydrogène atomique en hydrogène moléculaire ;

3° Les réactions exothermiques courantes de la chimie et, plus particulièrement, les réactions d'oxydation.

A l'heure actuelle, on ne sait utiliser pratiquement que les réactions du troisième type. Ce sont celles que nous nous proposons d'étudier, dans un esprit limitatif cependant, puisque nous ferons volontairement abstraction de la combustion des poudres.

Pour utiliser ces réactions exothermiques, on les provoque dans une chambre de combustion. Les produits gazeux qui en résultent sont portés à une pression définie et atteignent une température élevée. On les détend ensuite dans une tuyère de Laval, qui permet ainsi de les éjecter à grande vitesse.

Propergols.

On appelle propergol un corps ou un ensemble de corps (auxquels s'ajoutent, le cas échéant, des corps inertes), dont la décomposition ou la réaction est génératrice de l'énergie d'autropropulsion.

Dans le cas d'une combustion (dans le sens le plus large du terme), on appellera :

comburant le système porteur d'oxygène,

combustible le système qui brûle dans cet oxygène.

On évitera le terme « carburant » qui prête à confusion.

Caractéristiques spécifiques des propergols.

Une grandeur souvent utilisée pour caractériser les propergols est la vitesse d'éjection atteinte par les gaz de combustion dans la section de sortie d'une tuyère d'essais. Si w_s est cette vitesse d'éjection, μ le débit des gaz éjectés (et, par conséquent, celui du propergol), F la force de propulsion, p_s la pression des gaz dans la section de sortie de la tuyère, p_a la pression atmosphérique, Σ_s l'aire de la section de sortie de la tuyère, la force F a pour pression :

$$F = \mu w_s + (p_s - p_a)\Sigma_s. \qquad (1)$$

Si la pression de détente, p_s est égale à la pression atmosphérique p_a, la formule (1) se réduit à :

$$F = \mu w_s \qquad (2)$$

[1] Nous reproduisons ici un article paru au numéro de mars 1947 de la revue « Chimie et Industrie » sous la signature de M. *R. Levy*, ingénieur P. P. C. I., licencié ès-sciences.

[1] J.-J. Barre, Autopropulseurs et tuyères aérothermiques, « Bull. Inf. Sci. Techn. », 1945, n° 7 G, janvier.