Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens
Herausgeber: Association suisse des électriciens
Band: 27 (1936)
Heft: 14

Artikel: Sur la lumière par décharge en atmosphère gazeuse
Autor: Werfhorst, G.B. Van de / Schneider, M.L.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1057511

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: 22.08.2025

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

cuté. Occupé à la révision d'un ascenseur, il se trouvait dans la chambre du treuil, accroupi pour observer sous tension le fonctionnement d'un relais à 380 V. C'est probablement en voulant se relever qu'il heurta de la tête une pièce sous tension et fut atteint. Lorsqu'on le trouva, gisant à cet endroit, il avait cessé de vivre depuis longtemps. — Parmi les autres accidents survenus dans des installations intérieures, nous mentionnerons l'électrocution du fils d'un aubergiste, qui se produisit de la manière suivante: Sur la plaque métallique du comptoir se trouvait un percolateur électrique dont le cordon était détérioré; par suite de ce défaut, toute la plaque métallique en question, y compris le monte-bière, se trouvait présenter une tension de 220 V par rapport à la terre. Le fils de l'aubergiste, ne s'en doutant pas, voulut mettre en perce un fût de bière. Debout sur le sol humide de la cave, il saisit le tuyau métallique du monte-bière et succomba sous l'effet du courant qui traversa son corps. — Citons encore un accident mortel occasionné par un fer à repasser dans des conditions que l'Inspectorat, averti avec plusieurs jours de retard, n'a pu élucider complètement. Il a frappé une jeune fille et est survenu dans une chambre dont le plancher est en bois. Il y a lieu de supposer que, par suite d'un défaut à l'intérieur du connecteur, l'enveloppe du fer se sera trouvée reliée à l'un des pôles, tandis que l'autre pôle se sera trouvé en contact avec la spirale qui protégeait le cordon au-dessus du connecteur. La victime peut s'être ainsi exposée à une tension de 220 V en touchant simultanément le fer et la spirale. — Il y a lieu de signaler encore un accident mortel, dû à un concours de circonstances assez particulières. Voulant tempérer sa salle de bains, une personne avait installé dans le lavabo un radiateur parabolique à pied métallique. Or, le grillage protecteur de ce radiateur, qui n'était plus maintenu dans sa place normale, établissait une liaison entre la spirale chauffante et le réflecteur. D'autre part, le pied du radiateur touchait l'orifice de vidange du lavabo. Il en résulte qu'en enfonçant la fiche, on mettait sous tension le tuyau en plomb de la vidange du lavabo. Ce tuyau lui-même, sans être directement relié au tuyau de vidange de la baignoire, le touchait en un point, de sorte que la baignoire entière, et en particulier la chaînette retenant le bouchon de la vidange, se trouvait sous une tension d'environ 125 V par rapport à la terre. Quand la personne en question, assise dans la baignoire encore vide et touchant de son dos la chaînette, saisit, pour l'ouvrir, le robinet de la douche, elle établit par son corps une liaison entre le réseau électrique et la terre, ce qui lui fut fatal. — Le fait que plusieurs accidents graves se sont encore produits ces dernières années dans des salles de bain démontre que tout le monde ne se rend pas encore assez compte combien il est dangereux d'y utiliser des appareils électriques mobiles.

Sur la lumière par décharge en atmosphère gazeuse.

Les propriétés caractéristiques de la lumière émise par les lampes à décharge en atmosphère gazeuse, au triple point de vue physique, physiologique et psychologique; leurs conséquences.

Rapport sur la 13e conférence-discussion universitaire à l'Ecole polytechnique fédérale, le 22 février 1936.

Introduction.

621.327

Le 22 février 1936 a eu lieu, sous la présidence de M. le prof. Dr **B. Bauer,** une assemblée de discussion organisée par la division d'électrotechnique de l'Ecole polytechnique fédérale à Zurich sur le sujet très actuel de la lumière émise par les tubes à décharge en atmosphère gazeuse, considéré à la fois sous l'angle de la technique de l'éclairage et sous celui du rendement économique. Nous publions dans ce numéro et dans l'un des prochains numéros du Bulletin les conférences principales faites par les représentants des deux grands trusts à la tête de cette branche, soit la société Philips et les usines Osram, ainsi que la discussion.

Le professeur **Bauer** commença par attirer l'attention de l'auditoire sur l'importance du problème pour l'économie électrique. En Suisse, cette dernière a tout intérêt à suivre attentivement l'évolution de la nouvelle technique de l'éclairage, notre pays venant en tête pour l'éclairage domestique et des installations publiques, avec une consommation annuelle d'électricité de 47 kWh par habitant [1]). (La moyenne équivalente pour l'Europe entière est d'environ 20 kWh par habitant et par an.) D'après la statistique de l'UCS [2]), valable en Suisse pour 3,5 millions d'habitants sur une population totale de 4,1 millions, le 25 % environ, soit $148 \cdot 10^6$ kWh,

[1]) Voir «La consommation d'énergie électrique pour l'éclairage en Europe», par Bruno Seeger, Bull. ASE 1935, No. 24, p. 698.

[2]) Bull. ASE 1935, No. 23, p. 633.

de l'énergie absorbée par les ménages ($597 \cdot 10^6$ kWh) sert à l'éclairage, alors que les recettes provenant de la vente d'énergie pour l'éclairage représentent le 67 % (56,6 millions de francs) des recettes totales (84 millions).

L'orateur estime à 200 millions de kWh en chiffre rond la consommation pour l'éclairage public et privé en Suisse, c'est-à-dire à 8 % de la vente totale d'énergie électrique. Le quart environ, soit 53 millions de kWh, sert à l'éclairage public selon J. Guanter [3]). Si l'on compte au prix normal tout le courant que les centrales livrent gratuitement, ou presque, pour l'éclairage des rues et des bâtiments publics, l'électricité utilisée annuellement en Suisse dans des buts d'éclairage représente une contrevaleur de près de 80 millions de francs. Il est facile de voir quelle répercussion sur la situation financière des centrales aurait une réduction de l'énergie nécessaire à l'éclairage, à la moitié ou même au tiers de la demande actuelle, si les perfectionnements techniques le permettaient. Il est vrai que, dans un avenir prochain tout au moins, c'est surtout pour l'éclairage des rues que la lumière par décharge en atmosphère gazeuse sera intéressante; mais il est sage de prévoir à temps les conditions nouvelles qui résulteront d'une extension éventuelle de cette innovation à l'éclairage domestique et industriel.

[3]) Bull. ASE 1935, No. 4, p. 104.

Première conférence

par M. Ir. *G. B. Van de Werfhorst*, professeur à l'Université d'Utrecht.

Traduction.

L'auteur expose les particularités des lampes à décharge en atmosphère gazeuse, celles d'ordre physique (coefficient d'efficacité et brillance élevés, spectre discontinu) et celles d'ordre physiologique (vision à la lumière colorée: courbe de jour et courbe de nuit, effet de contraste). Il montre que ces lampes se prêtent remarquablement bien à l'éclairage des routes, la lumière du sodium convenant plus particulièrement aux artères interurbaines à trafic automobile, la lumière du mercure aux voies de communication reliant le centre des villes à la banlieue, le mélange enfin de lumière au mercure et de lumière par incandescence étant préférable pour l'éclairage des rues principales, en pleine ville. La signalisation ouvre un autre champ d'application intéressant à ces nouvelles sources de lumière.

Un chapitre est consacré à la lampe à vapeur de mercure à surpression d'Elenbaas et Bol. L'auteur décrit les types de lampes ayant servi jusqu'ici aux expériences, dont l'un, à refroidissement par circulation d'eau, atteint la brillance énorme de 170 000 bougies internationales par cm². Ces lampes ont surtout ceci de remarquable que, lors de décharges sous un gradient de potentiel suffisamment élevé, elles émettent un spectre continu, auquel se superpose le spectre discontinu de la vapeur de mercure.

Enfin, l'auteur montre par un exemple l'effet de l'éclairage sur le spectateur et toute la valeur qu'il convient d'attribuer à la qualité de la lumière. Il est d'avis que toute utilisation meilleure de l'énergie aura pour corollaire un accroissement de la consommation d'énergie.

Es werden die Eigentümlichkeiten der Gasentladungslampen in physikalischer Hinsicht (grosse Lichtausbeute, Linienspektrum, grosse Leuchtdichte) und in physiologischer Hinsicht (Sehen beim farbigen Licht: Tages- und Nacht-Kurve, Kontrastwirkung) besprochen. Es wird gezeigt, dass sich diese Lampen in hervorragender Weise für die Strassenbeleuchtung eignen, und zwar das Natriumlicht für Automobil-Ueberlandstrassen, das Quecksilberlicht für die Verbindungsstrassen von Stadtgrenze zum Zentrum und die Mischung von Quecksilber- und Glüh-Licht für die Hauptstrassen in der Stadtmitte. Eine weitere, besonders interessante Anwendung ist das Signalwesen.

Ein Abschnitt ist der Ueberhochdruck-Quecksilberlampe von Elenbaas und Bol gewidmet. Es werden die bisherigen Versuchstypen beschrieben, von denen ein wassergek.hlter Typ eine Leuchtdichte von 170 000 int. K pro cm² erreicht. Das Interessanteste an diesen Lampen ist, dass sie bei genügend hohem Spannungsgradienten der Entladung ein kontinuierliches Spektrum erzeugen, dem das normale Linienspektrum des Quecksilberdampfes überlagert ist.

Schliesslich wird noch die Wirkung des Lichtes auf den Menschen und die Bewerbung der Lichtqualität und der aufgewendeten Energie an einem Beispiel dargestellt. Der Referent steht auf dem Standpunkt dass jede bessere Ausnützung der Energie eine Steigerung des Energieverbrauches zur Folge hat.

J'aimerais tout d'abord remarquer que, dès que l'on parle de «lumière», on sous-entend également *l'élément physiologique*. Qu'est-ce donc que la «lumière»? On sait généralement que la lumière est une radiation électromagnétique, ou plus précisément la partie de cette radiation que l'œil humain peut percevoir. Cette partie comprend les longueurs d'ondes de 3700 à 7300 Å [1]). En dessous de 3700 Å, il s'agit des radiations ultra-violettes et en dessus de 7300 Å des radiations infra-rouges; l'œil ne perçoit pas ces radiations. L'énergie de la radiation visible peut être mesurée en unités CGS, comme toute grandeur physique. Mais, ce faisant, on ne mesure pas encore la «lumière». La lumière est en effet ce que l'on voit, c'est-à-dire ce qui est déterminé entre autres par la sensibilité de l'œil. Il s'agit donc d'une grandeur physiologique et non pas physique.

Si l'on émet, dans toute la bande comprise entre 3700 et 7300 Å, une même quantité d'énergie sous forme de rayonnement, on constate que l'œil ne perçoit nullement ce rayonnement comme une même quantité de lumière sur toutes les longueurs d'ondes. L'œil est beaucoup plus sensible à la radiation de telle ou telle longueur d'onde, cette sensibilité variant approximativement selon la courbe T de la figure 1. C'est à la lumière de longueur d'onde de 5550 Å environ (lumière jaune-verte) qu'il est le plus sensible. Pour les longueurs d'ondes plus grandes et plus courtes, la sensibilité

[1]) Å = Angström = $\frac{1}{10}$ mμ = 10^{-4} μ = 10^{-8} cm.

diminue. Ainsi, pour une lumière rouge de 6500 Å par exemple ou pour une lumière bleue d'environ 4750 Å, la sensibilité n'atteint que le $^1/_{10}$ de la valeur maximum. Avec la lumière rouge de 6500 Å ou la lumière bleue de 4750 Å, on doit donc mettre en jeu une puissance dix fois supérieure (dix fois plus de watts) à celle nécessaire pour la lumière jaune-verte de 5550 Å, si l'on veut obtenir la même impression lumineuse [2]). On néglige bien trop souvent ce fait physiologique, essentiel à tout ce qui a trait à la lumière. Pour la lumière émise par les lampes à décharge en atmosphère gazeuse, ce fait a une extrême importance.

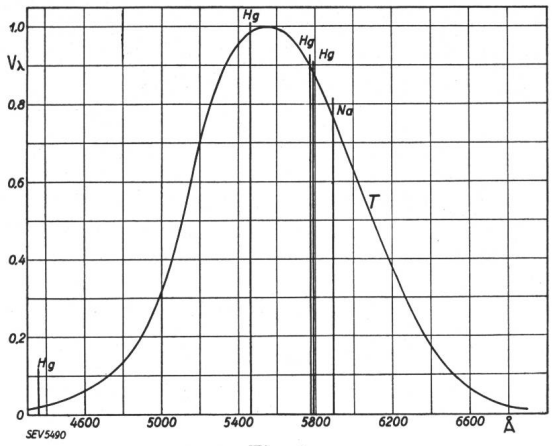


Fig. 1.
Courbe internationale de visibilité relative pour forte luminosité (courbe diurne *T*).

Une seconde remarque préalable concerne la fourniture de l'énergie électrique et plus particulièrement la répartition de l'énergie électrique utilisée pour l'éclairage. On doit, en effet, connaître cette répartition pour pouvoir se rendre compte de l'influence que peut avoir une plus ample utilisation des lampes à décharge en atmosphère gazeuse.

La répartition de l'énergie électrique utilisée pour les diverses applications de l'éclairage est à peu près la suivante:

Habitations	40 %
Devantures, magasins	13 %
Grosse industrie, y compris services des ports	9 %
Petite industrie	4 %
Bâtiments publics, églises, écoles, hôpitaux	8 %
Théâtres, cinémas, hôtels, restaurants	12 %
Eclairage des voies publiques	11 %
Divers (gares, centrales d'électricité, tramways, etc.)	3 %

Cette répartition est basée sur des données établies avec soin pour la Ville d'*Amsterdam* en temps normaux (1927 à 1931) et s'entend pour l'éclairage normal par lampes à incandescence. Ces chiffres peuvent être considérés comme une bonne moyenne générale, car Amsterdam même offre à cet égard une excellente moyenne, entre autres pour les raisons suivantes: cette ville possède avec les services du port une assez grande industrie, sans être toutefois particulièrement industrielle; ce n'est pas non plus une ville essentiellement maritime. L'éclairage des rues est bon, sans être très développé. Si l'on avait considéré les chiffres d'Oslo ou de Zurich, qui sont probablement les villes les mieux éclairées du monde, cette moyenne aurait été faussée; de même (mais en sens inverse) si l'on avait considéré Londres, dont le 60 % de l'éclairage public est encore actuellement assuré par le gaz. Enfin, la manière de mesurer l'énergie d'Amsterdam permet de séparer la consommation due à l'éclairage de celle due à la force motrice, aussi dans les habitations.

L'importance de l'emploi d'une nouvelle source lumineuse très «économique» dépend de l'importance du domaine d'application considéré. Il y a lieu d'en tenir suffisamment compte dans les considérations qui suivent.

A. Propriétés physiques.

Considérons tout d'abord celles des propriétés des lampes à décharge en atmosphère gazeuse qui ont une importance *au point de vue physique.*

Ces lampes ont un meilleur coefficient d'efficacité. La comparaison avec d'autres types de lampes est à peu près la suivante:

Lampes à filament de charbon 3 lumens/watt,
Lampes normales à incandescence 13 à 15 lumens/watt,
Lampes à décharge en atmosphère gazeuse 30 à 80 lumens/watt [3]).

Rappelons en outre que la lumière émise par une lampe à décharge en atmosphère gazeuse ne présente généralement pas un spectre continu, comme c'est le cas pour la lumière du soleil, de la flamme de gaz et des lampes à incandescence. La lumière à spectre continu renferme des radiations de *toutes* les longueurs d'ondes; elle se compose de lumière violette, indigo, bleue, verte, jaune, orangée et rouge (avec toutes les nuances intermédiaires) et donne l'impression d'être «blanche». Par contre, la lampe à décharge en atmosphère gazeuse présente la propriété d'émettre seulement de la lumière de quelques longueurs d'ondes déterminées, jaune-orangée pour la lampe à vapeur de sodium, jaune, verte et bleue [4]) pour la lampe à vapeur de mercure (fig. 1).

On dit qu'un objet est rouge ou bleu ou vert, quand il ne réfléchit «que» (ou plus exactement

[2]) On se rappellera que «l'intensité lumineuse», «le flux lumineux» et «l'éclairement» de toutes les sources lumineuses sont tous basés sur cette considération. La courbe *T* de la figure 1 a été établie par la Commission Internationale de l'Eclairage à Genève (1924).

Cf. la brochure «Die bisherigen Arbeiten der Internationalen Beleuchtungskommission», éditée par le Comité Suisse de l'Eclairage (1932) et que l'on peut obtenir au Secrétariat général de l'ASE et de l'UCS, Seefeldstrasse 301, Zurich 8, au prix de fr. 1.—.

[3]) A vrai dire, ces données sont également basées sur une considération d'ordre physiologique, car le flux lumineux (lumen) est une grandeur physiologique.

[4]) La lampe à vapeur de sodium émet des ondes lumineuses de longueurs 5890 à 5896 Å si rapprochées, qu'elles apparaissent comme *une seule* couleur (orangée). La lampe à vapeur de mercure (à haute pression) émet les radiations suivantes:

5770 et 5790 Å (jaune)	environ	47 %
5461 Å (vert)	»	52 %
4358 Å (bleu)	»	1 %

(bleu 1 %, y compris 4047 et 4070 Å).

«principalement») les radiations rouges ou bleues ou vertes de la lumière incidente et absorbe toutes les autres radiations. Dans le cas de l'éclairage par lampes à décharge, la lumière réfléchie (donc également la couleur) est très différente de celle de l'éclairage avec une lumière blanche. Ainsi, un objet bleu éclairé par une lampe à vapeur de sodium restera noir, car cette lampe n'émet que des radiations orangées-jaunes et aucune radiation bleue; l'objet bleu absorbe donc toutes les radiations orangées-jaunes et ne réfléchit rien.

On applique en photographie ce phénomène, qui rentre entièrement dans le domaine physique des lampes à décharge en atmosphère gazeuse. Le photographe Ziegler, à La Haye, a fait à ce sujet des essais tout à fait remarquables. Il a éclairé des groupes de personnes, des fleurs et divers objets avec la lumière émise par la vapeur de sodium et avec un mélange de lumière de vapeur de sodium et de vapeur de mercure, puis il a pris des vues avec cette lumière sur des plaques super-panchromatiques. Les résultats sont étonnants: la dégradation des couleurs, par exemple entre les cheveux bruns, châtains et blonds, est beaucoup mieux rendue qu'avec toute autre lumière (même avec la lumière du jour). Il s'agit d'un phénomène purement physique: de quelle façon l'objet réfléchit-il la lumière reçue et de quelle façon la lumière réfléchie impressionne-t-elle la plaque sensible? Le fait qu'un groupe de personnes éclairé à la lumière émise par des lampes à décharge apparaît très laid à un *spectateur* est tout à fait indépendant de ce résultat.

Un autre point présentant un intérêt purement physique est la brillance extraordinaire réalisable avec certaines lampes à décharge en atmosphère gazeuse. Cette brillance intense peut revêtir une importance considérable pour les projecteurs, les projections de films, les prises de vue, etc.

B. Propriétés physiologiques.

Les propriétés des lampes à décharge en atmosphère gazeuse exercent une action physiologique beaucoup plus marquée.

Comme je viens de le dire, les objets éclairés ne réfléchissent (chacun selon sa couleur) que les couleurs qui se trouvent dans la lumière incidente, de sorte que l'on ne voit que ces couleurs. Par conséquent, lorsqu'il s'agit d'un éclairage par lampes à décharge en atmosphère gazeuse, qui ne comporte que quelques couleurs, on ne voit évidemment que ces quelques couleurs. *La coloration des objets environnants est donc entièrement altérée.* A première vue, on pourrait croire qu'une telle lumière est inutilisable. Cela tient à ce que nous sommes habitués à vivre et à travailler dans une lumière blanche (comprenant donc toutes les couleurs).

La lumière émise par les lampes à décharge en atmosphère gazeuse nous place devant un complexe de questions entièrement nouvelles:

Voit-on toujours les couleurs?

Est-il toujours nécessaire de voir en couleurs?

Entre quelles limites interviennent pratiquement la vision par les bâtonnets et la vision par les cônes de la rétine?

On savait bien jusqu'ici que l'œil humain possède deux éléments sensibles à la lumière: les cônes et les bâtonnets situés dans la couche supérieure de la rétine, et que les cônes sont sensibles aux couleurs, tandis que les bâtonnets ne le sont pas. On savait également que les cônes ne réagissent qu'à partir d'un certain niveau lumineux mais non en dessous; tandis que, dans ce dernier cas, ce sont les bâtonnets qui permettent la vision. On ne l'ignorait pas, mais ces faits physiologiques restaient confinés aux laboratoires, c'est-à-dire fort éloignés des questions d'éclairage pratique.

Mais à l'heure qu'il est, ces constatations sont entrées dans le domaine de la pratique. On sait donc que l'on ne distingue pas les couleurs quand l'éclairage est faible. *Dans ce cas, le manque de*

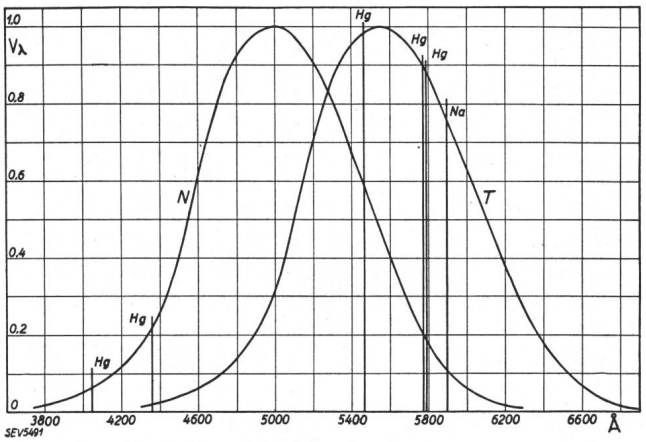


Fig. 2.
Courbe internationale de visibilité relative pour forte luminosité (courbe diurne *T*, comme fig. 1) et courbe pour faible luminosité (courbe nocture *N*).

couleurs de la lumière émise par les lampes à décharge en atmosphère gazeuse ne joue donc aucun rôle.

Un autre fait a acquis une grande importance: La courbe de visibilité relative *T* représentée sur la figure 1 est basée sur la vision fovéale (fovea centralis = partie centrale de la tache jaune de la rétine, où ne se trouvent que des cônes) par les cônes, qui entre en ligne de compte aux niveaux lumineux correspondant à la lumière du jour. En revanche, lorsque, aux faibles niveaux lumineux, la vision est assurée par les bâtonnets, l'allure de la courbe reste bien à peu près la même, *mais elle est décalée vers le bleu par rapport à la courbe T* et atteint son maximum vers 5010 Å (courbe nocturne *N*). Ces deux courbes sont représentées sur la fig. 2.

Tant que l'on n'éclairait qu'à la lumière blanche, ce phénomène n'avait pas grande importance. Mais depuis l'application des lampes à décharge en atmosphère gazeuse, il en est tout autrement:

Si l'on éclaire une surface avec une source lumineuse connue et si l'on connaît toutes les propriétés de réflexion et d'absorption de cette surface, on peut calculer la lumière réfléchie dans une certaine direction par cette surface. L'intensité lumineuse réfléchie par unité de surface est appelée «brillance» [5]). Une autre question est de savoir quelle est la clarté de cette surface observée par l'œil humain. On pourrait appeler cette grandeur «luminosité» [6]) [en allemand «Helligkeit», selon Bouma [7])]. La brillance et la luminosité s'expriment toutes deux en bougies par cm^2 ou par m^2. Quand le niveau lumineux est élevé, ces deux grandeurs sont pratiquement identiques. Mais ce n'est plus le cas quand le niveau lumineux baisse. Si l'on considère par exemple, dans la fig. 2, une source lumineuse qui émet une lumière de 5890 Å de longueur d'onde, cette lumière est de 77 % par rapport à la valeur maximum de la courbe *T*, pour la même quantité spectrale d'énergie. Ce *rapport* reste inchangé, même si la quantité de lumière varie, tant que la vision suit la loi de la courbe *T*. Toutefois, quand la quantité de lumière devient très faible, à tel point que la vision obéit à la loi de la courbe *N*, on constate que le rapport entre cette quantité de lumière et la valeur maximum n'est plus que de 11 %.

Il va de soi qu'il existe une transition entre la vision selon la courbe *T* et la vision selon la courbe *N*.

Les lampes à vapeur de sodium ont trouvé leur première application dans l'éclairage des voies publiques. On a été frappé immédiatement par le grand effet de contraste et la vision agréable. Les considérations précédentes nous en donnent l'explication et montrent en outre quelle est la ligne à suivre pour obtenir d'autres améliorations. Je vous donnerai de plus amples précisions à ce sujet, en considérant l'éclairage des voies publiques. Toutefois, afin d'éviter tout malentendu, il convient de remarquer ce qui suit:

L'éclairage à la vapeur de sodium supprimant toutes les couleurs, il ne doit être utilisé que là où la sécurité est le seul facteur déterminant et où l'esthétique et d'autres facteurs semblables sont sans importance. Je propose le classement suivant:

Routes pour automobiles à fort trafic	Eclairage à la vapeur de sodium.
Artères reliant la périphérie au centre de la ville	Eclairage à la vapeur de mercure.
Rues principales du centre de la ville	Eclairage mixte à la vapeur de mercure et à incandescence.

Au cours de cet exposé, l'éclairage à la vapeur de sodium doit donc être considéré comme éclairage pour routes à automobiles.

Quel est le but d'un tel éclairage? La visibilité doit être suffisante pour que l'on puisse circuler à des vitesses de 80 à 100 km/h, par exemple. Pour bien voir, il faut qu'il existe des contrastes. On doit donc faire en sorte que les objets placés sur la route se détachent du fond. Pour les routes à automobiles, le fond est constitué principalement par le revêtement de la chaussée et les bordures de la route.

De jour, on peut constater facilement que, dans presque toutes les conditions d'éclairage, on voit les *objets* de la route en *sombre* sur *fond clair* [8]) et que, de jour également, on voit généralement les contrastes non pas en couleur, mais en clair et obscur. Cela signifie que le facteur de réflexion du fond moyen est plus élevé que celui de l'objet moyen. De nombreuses mesures ont confirmé ce fait, mieux encore que l'on ne pouvait généralement s'y attendre:

Le facteur de réflexion des piétons et des cyclistes n'atteint que 2 à 5 %. Il n'a dépassé 5 % que dans un seul cas spécial. Il en va de même pour les automobiles et les camions, naturellement dans la direction de l'observateur circulant sur la route. En moyenne, le facteur de réflexion de la route est compris entre 35 et 15 %. Si l'on table sur une valeur moyenne de 4 % pour l'objet et de 20 % pour le fond, on constate donc que, pour un même éclairage, la brillance du fond est cinq fois supérieure à la brillance de l'objet. Il s'ensuit que la luminosité du fond est également cinq fois plus grande que celle de l'objet, pour la vision diurne (courbe *T*) d'un tel éclairement. On perçoit donc l'objet foncé sur fond clair avec un contraste de 1 : 5.

Cette constatation s'applique naturellement aussi à l'éclairage artificiel. On doit veiller à ce que l'objet (surface verticale) reste sombre et que le fond (revêtement de la chaussée, surface horizontale) soit éclairé; autrement dit la lumière doit uniquement rayonner verticalement, vers le bas, sur la route. En pratique, cette exigence ne peut évidemment pas être réalisée d'une façon absolue, mais on peut s'en rapprocher sensiblement par une disposition judicieuse de l'installation d'éclairage.

Supposons que l'on dispose d'un éclairage à la vapeur de sodium, d'une intensité telle que l'on voie dans tous les cas selon la courbe *T* (fig. 2) et que le contraste entre l'objet et le fond soit de 1 : 5. Soit *A* la valeur de l'éclairage. Réduisons cette valeur *A* à $^1/_{10}$, donc à $\frac{A}{10}$. L'objet et le fond deviennent alors moins clair, les deux brillances diminuent, mais *dans le même rapport;* le contraste reste comme auparavant de 1 : 5. Réduisons encore l'éclairage à $^1/_{100}$, donc à $\frac{A}{100}$. La brillance de l'ob-

[5]) L'ancienne désignation «éclat» a été rejetée par la Commission Internationale de l'Eclairage.

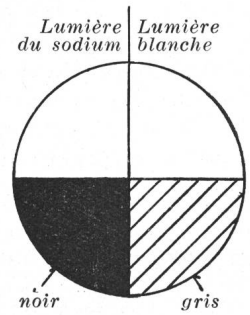
[6]) En français, il n'existe pas encore de désignation déterminée. On pourrait employer le mot «éclat», mais celui-ci a déjà une autre signification. On pourrait aussi proposer «brillance apparente».

[7]) Bouma, Licht und Lampe, Vol. 24 (1935), p. 217—219.

[8]) On sait également que la photographie des objets rapprochés de l'objectif (qui sont les plus sombres) exige une plus longue exposition que celle d'un paysage.

jet et du fond est à nouveau réduite dix fois. En va-t-il de même pour la luminosité? On suppose un éclairage à la vapeur de sodium, donc avec une lumière d'une longueur d'onde de 5890 Å (voir fig. 2). Il est possible que la luminosité du fond clair soit encore suffisante pour qu'on la perçoive selon la courbe T, tandis que la luminosité cinq fois plus faible de l'objet est déjà si faible qu'on ne voit cet objet que selon la courbe *N*. Or, les impressions visuelles selon les courbes *T* et *N*, pour une lumière de 5890 Å, se comportent comme 77 % à 11 % (voir fig. 2), donc comme 7 : 1. Dans le cas considéré, les luminosités de l'objet et du fond ne sont plus de 1 : 5, mais de 1 : 35 avec l'éclairage réduit que nous venons de considérer. Ainsi, en utilisant cette lumière émise par des lampes à décharge en atmosphère gazeuse avec l'intensité lumineuse choisie, on obtient *un effet de contraste septuplé!*

En pratique, on ne peut pas atteindre cet effet-limite de 1 : 7 et l'on doit se contenter du domaine de transition entre les courbes *T* et *N*. On peut toutefois réaliser un rapport de 1 : 4, ce qui signifie tout de même que l'*on peut augmenter jusqu'à 1 : 20 le contraste observé*, alors que le contraste donné par les facteurs de réflexion atteint par exemple 1 : 5. L'éclairage par lampes à vapeur de sodium permet donc *un effet supplémentaire qui n'a jamais pu être obtenu avec les sources de lumière blanche normale.* En effet, les rayons jaunes, orangés et



SEV 5494

Fig. 3.

Expérience pour représenter l'effet de contraste en «vision diurne» et en «vision nocturne».

rouges de la lumière blanche (bande en dessus de 5550 Å) provoquent bien l'effet décrit, mais en revanche les rayons verts, bleus et violets (bande en dessous de 5550 Å) provoquent l'effet contraire: ils augmentent précisément, selon la courbe *N*, la luminosité très faible selon la courbe *T*. Ainsi, les rayons bleus de la lumière à vapeur de mercure (voir fig. 2), de 4358 Å de longueur d'onde environ, qui atteignent le 2 % du maximum selon la courbe *T*, atteignent 22 % selon la courbe *N;* ils éclairent donc l'objet qui doit rester sombre.

On peut montrer cela très simplement à l'aide d'un cercle subdivisé en 4 parties; les deux quarts supérieurs sont blancs, les deux autres gris (fig. 3). On éclaire le côté droit avec une lumière blanche et le côté gauche avec une lumière à vapeur de sodium, de telle sorte que les quarts blancs supérieurs présentent la même luminosité. Si l'effet mentionné ci-dessus n'existait pas, les deux quarts inférieurs devraient être alors tous deux identiquement sombres. Or, on constate que le quart de gauche est d'un noir profond (lumière à vapeur de sodium), tandis que le quart de droite est grisâtre (lumière blanche).

Il est toutefois remarquable que l'on soit ainsi manifestement capable de voir *simultanément* selon la courbe *T* et selon la courbe *N*, quand le champ visuel est suffisamment étendu.

Le conférencier projeta ensuite une série de diapositifs d'installations en service (par exemple l'installation Boschdijk à Eindhoven, la route de Vilvorde, les tronçons de route Bruxelles-Anvers et Altstetten-Schlieren-Zurich [9]), qui donnèrent une impression de la réalité. En considérant ces projections, il ne faut toutefois pas oublier que la photographie ne peut jamais rendre le contraste renforcé, tel qu'il apparaît réellement. Les photographies sont donc moins contrastées que la réalité.

Applications.

Au point de vue de l'économie de l'énergie, il y a lieu de remarquer tout particulièrement que les nombreux *éclairages routiers* assurés par des lampes à vapeur de sodium concernent des objets qui n'étaient autrefois pas éclairés du tout. Ils constituent donc pour les services de l'électricité un débouché entièrement nouveau. A ce sujet, il faut relever les récentes décisions des gouvernements belge et hollandais relatives à l'éclairage des voies publiques par lampes à vapeur de sodium. Dans tous les pays, la plupart des routes sont sous le contrôle des administrations publiques. Les gouvernements assument l'établissement et l'entretien de ces voies, mais ne s'occupent pas de leur éclairage. *Or, en Belgique et aux Pays-Bas, on a abandonné ce point de vue.* Le gouvernement belge a décidé d'entreprendre l'éclairage des artères principales avec des lampes à vapeur de sodium. L'administration compétente a déjà projeté l'éclairage de la route de Bruxelles à Anvers (50 km). Le gouvernement hollandais a pris une décision semblable; il est même allé plus loin, car l'exécution de l'éclairage de l'artère principale Amsterdam-Haarlem (20 km) a déjà commencé et sera achevée en septembre 1936. Ces deux gouvernements savent quelles seront les conséquences de leur décision: on sera obligé d'étendre peu à peu cet éclairage à tout le réseau routier principal.

Je répète que l'éclairage des voies publiques au moyen de lampes à vapeur de sodium représente un débouché entièrement nouveau pour les services de l'électricité.

Un autre domaine, qui peut être très important pour les lampes à décharge, est la *signalisation.* Je ne puis qu'effleurer ce sujet. Les offices internationaux du trafic par automobiles et par avions cherchent à établir une signalisation internationale. Cela signifie qu'un signal lumineux déterminé, de couleur déterminée, doit être perçu sans hésitation comme tel par tous les usagers. On ne peut pas s'entendre d'avance, comme dans le cas des chemins de fer. On ne peut se borner à choisir un ton de couleur, rouge par exemple, et à dire: Nous appelons rouge cette couleur et quand ce rouge apparaît, il

[9]) Voir Bull. ASE 1935, No. 25, p. 705.

a telle ou telle signification. Dans le trafic public, on est obligé au contraire d'utiliser un rouge *qui soit perçu par chacun comme couleur rouge;* de même pour les autres couleurs. Il est donc intéressant de savoir *de quelle couleur* nous voyons la lumière des différentes longueurs d'ondes; cette question est tout autre que cette que nous venons d'examiner, à savoir dans quelle mesure sommes-nous *sensibles* à chaque longueur d'onde.

A ce sujet, d'importants essais ont été entrepris en 1934, dont les fig. 4 et 5 montrent quelques résultats, sur lesquels je ne puis pas m'étendre ici [10]).

Ainsi, d'après les diagrammes de la fig. 4, on constate que le 100 % des observateurs voit «rouge» la longueur d'onde de 6500 Å, tandis que celle de 6100 Å est perçue en «rouge» par 34 % seulement des observateurs, le 18 % voyant «orangé» et le 48 % une couleur intermédiaire (la courbe 7 embrasse toutes les observations en couleurs intermé-

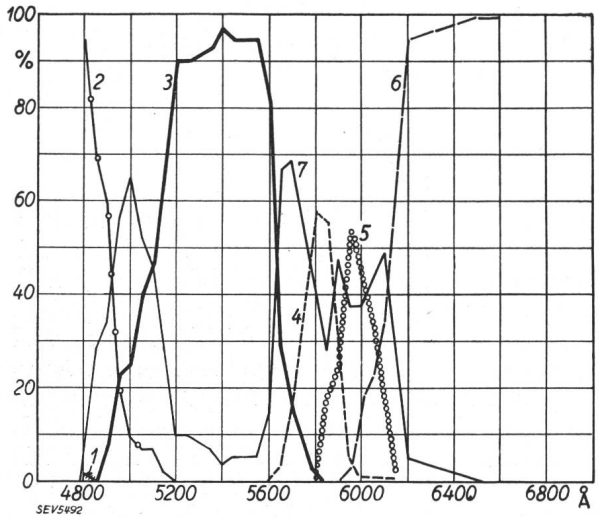


Fig. 4.
Examen de perception des couleurs
pour les couleurs principales du spectre, subi par un grand nombre de sujets.
1 «Violet»; *2* «Bleu»; *3* «Vert»; *4* «Jaune»; *5* «Orangé»; *6* «Rouge»; *7* Doute.
Exemple: Le 24 % des sujets voit la couleur 5900 Å «orangé», le 29 % «jaune» et le 47 % ne la voit ni jaune ni orangé.

diaires). La fig. 4 montre entre autres que l'orangé et le jaune ne peuvent pas être utilisés comme couleurs distinctes. Tout au plus pourrait-on les utiliser comme un signal «orangé-jaune».

La Conférence Internationale de Navigation Aérienne (Genève 1935) a déjà pris une décision dans ce sens et a adopté un «jaune navigation aérienne». La fig. 5 montre où une telle combinaison d'orangé et de jaune doit se trouver. Dans ce cas, on doit tenir compte des observations faites pour la couleur intermédiaire orangé-jaune.

La courbe *10* (en traits mixtes) de la fig. 5 montre ce résultat: le «jaune navigation aérienne» se trouve entre 5850 et 5900 Å. La lumière ainsi colorée est destinée à l'éclairage de bordure des aérodromes.

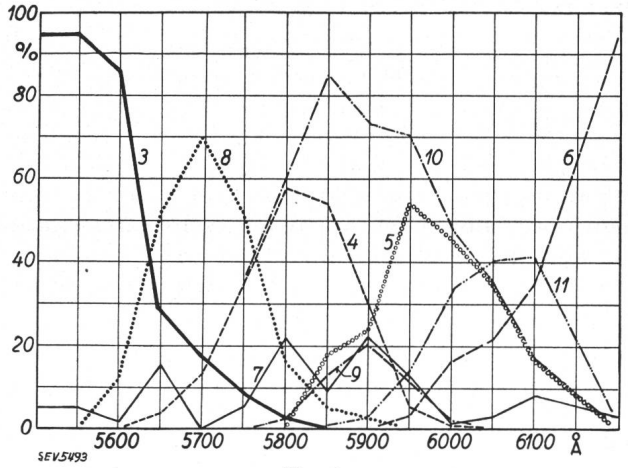


Fig. 5.
Examen de perception des couleurs
pour les couleurs principales et intermédiaires de la partie médiane du spectre, subi par un grand nombre de sujets.
Couleurs principales:
3 «Vert»; *4* «Jaune»; *5* «Orangé»; *6* «Rouge»; *7* Doute.
Couleurs intermédiaires:
8 «Vert-jaune»; *9* «Jaune-orangé»; *10* «Jaune—Jaune-orangé—Orangé»; *11* «Orangé-Rouge».

Dans ce cas, on doit pratiquement se borner à des unités de 60 watts. Si l'on utilise des lampes normales à incandescence, on n'obtient au maximum que 40 lumens par unité, du fait de l'absorption par les filtres. Par contre, si l'on utilise des lampes à vapeur de sodium (5890 et 5896 Å), la même puissance brute de 60 watts fournit 2400 lumens, soit soixante fois plus de lumière!

La lampe à vapeur de mercure à surpression.

Pour terminer, voici quelques renseignements sur la lampe à vapeur de mercure à surpression. Il convient tout d'abord de citer à cet égard les noms de MM. Elenbaas et Bol du Laboratoire de Physique de la Société Philips à Eindhoven, qui ont élaboré théoriquement et pratiquement cette nouvelle lampe à décharge en atmosphère gazeuse.

L'appellation de «lampe à vapeur de mercure à surpression» a été adoptée pour différencier cette lampe des lampes normales à vapeur de mercure, qui sont désignées elles-mêmes par «lampes à haute pression», par opposition aux tubes à décharge de vapeur de mercure utilisés déjà depuis des années, pour les réclames lumineuses par exemple. Tandis que la pression de la lampe normale à vapeur de mercure ne dépasse généralement pas 4 kg/cm², elle ne descend pas au-dessous de 10 kg/cm² env. dans la lampe à surpression.

[10]) Voir à ce sujet les articles suivants:
a) Koninklijke Academie van Wetenschappen te Amsterdam, Proceedings Vol. XXXVII, 1934, p. 385: Examen de perception des couleurs, pour constater l'utilité des verres de signaux. L. S. Ornstein, J. G. Eymers et D. Vermeulen.
b) Economisch Technisch Tijdschrift, No. 3, juin 1935, Maastricht: La vision des couleurs et son importance pour le trafic actuel. Essais de G. B. van de Werfhorst, H. Zijl et E. L. J. Matthews.

Cette lampe comporte un tube de quartz d'un diamètre extérieur de 6 mm et d'un diamètre intérieur de 2 mm. Une électrode est soudée à chacune de ses extrémités. Ce tube renferme une petite quantité de mercure. La décharge entre les deux électrodes subit une légère contraction, de sorte que le diamètre de la décharge est d'environ 1,5 mm. L'énergie que la lampe peut absorber est à peu près proportionnelle à la longueur du tube et dépend en outre du genre d'évacuation de la chaleur, nécessaire à la protection du quartz. On distingue les lampes à refroidissement naturel et les lampes à refroidissement artificiel (par eau). Au laboratoire, on a mis au point, entre autres, les lampes suivantes à refroidissement naturel:

a) une lampe d'environ 75 watts avec longueur de décharge d'environ 18 mm [11]);

b) une lampe d'environ 1000 watts avec longueur de décharge d'environ 200 mm.

Cette seconde lampe est en même temps une «source lumineuse linéaire». Logée selon la ligne focale de réflecteurs cylindriques à base parabolique, elle a servi, à titre d'essai, à l'éclairage de l'aérodrome d'Eindhoven; son coefficient d'efficacité est de 40 lm/W. La diffusion verticale est très faible, le rayonnement horizontal très vaste, c'est-à-dire précisément ce que l'on cherche à obtenir dans pareil cas. Les pilotes de la société hollandaise de navigation aérienne (KLM), qui volent chaque semaine d'Amsterdam à Batavia et retour, estiment que l'aérodrome d'Eindhoven, dont l'aire de 1 km² est éclairée par une seule lampe pour chaque direction du vent, est le mieux éclairé qu'ils connaissent.

On a mis au point des lampes à refroidissement par eau pour 600, 1000, 2500 et 16 000 watts. Leur coefficient d'efficacité atteint environ 60 lm/W. La lampe de 16 000 watts émet un flux lumineux de 1 000 000 de lumens [12]).

La pression interne des lampes à refroidissement naturel est d'environ 16 kg/cm², celle des lampes à refroidissement par eau d'environ 150 kg/cm².

D'autre part, on a construit des lampes de dimensions encore plus faibles, où le tube de quartz présente un diamètre extérieur de 3 mm, un diamètre intérieur de 1 mm et un diamètre de décharge de 0,7 mm environ. Refroidies par eau, ces lampes peuvent être exécutées pour des pressions internes allant jusqu'à 170 kg/cm². Le tableau suivant en donne un aperçu:

Type nº	Longueur mm	W	lm/w	Lumens	Brillance bougies/cm²	Pression kg/cm²	Tens. serv. V	Diam. ext. mm	Diam. int. mm	Diam. Déch. mm
1	18	75	40	3 000	1 100	16	440	6	2	1,5
2	10	600	60	36 000	40 000	150	550	6	2	1,5
3	10	1000	80	80 000	170 000	170	850	3	1	0,7

[11]) Depuis lors, cette lampe est devenue propre à la vente. (Cf. Bull. ASE 1936, No. 13, p. 365.)

[12]) Des exemplaires de toutes ces lampes ont été présentés par le conférencier. Toutes les données s'entendent en lumens et en bougies internationaux.

La lampe nº 1 est à refroidissement naturel, les lampes nºs 2 et 3 sont à refroidissement par eau. La température de ces dernières dépasse 8000° C au-dessus du zéro absolu.

On est frappé tout d'abord par la grande puissance en jeu pour des dimensions aussi extrêmement réduites. D'autre part, la brillance obtenue a une grande importance. La dernière de ces lampes a une brillance de 170 000 bougies/cm², alors que la brillance du soleil est de 150 000 bougies/cm², celle d'une lampe à arc ordinaire de 17 000 bougies/cm² et celle d'une lampe à arc «surintensifiée» de 70 000 bougies/cm² environ.

Les mesures effectuées avec la lampe nº 2 ont donné les résultats suivants:

Gradient de potentiel V/cm	Brillance mesurée bougies/cm²
100	4 700
300	23 700
600	58 000
900	95 000
1400	180 000

Il est inutile d'insister sur l'importance qu'ont ces valeurs pour la projection des films, les prises de vue, les projecteurs, etc.

La caractéristique la plus intéressante de ces lampes est toutefois *la composition spectrale* de la

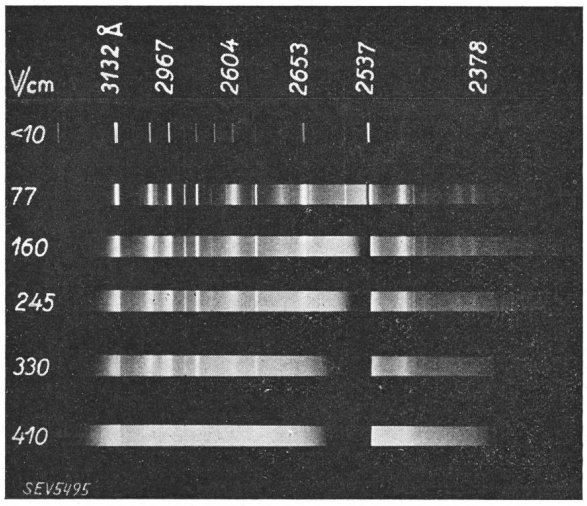


Fig. 6.
Spectre d'une lampe à refroidissement par eau, diamètre intérieur 2 mm, intensité env. 1,3 A, pour différentes valeurs du gradient de potentiel, longueurs d'ondes entre 2300 et 3100 Å.

lumière qu'elles émettent. On savait déjà que les raies normales du spectre de la décharge de mercure s'étendent unilatéralement vers le rouge, quand le gradient de potentiel s'élève [13]). Or, ceci n'est pas seulement le cas pour les raies connues du spectre visible (voir ci-dessus), mais encore dans une plus forte mesure pour les raies de l'ultra-violet, surtout pour la raie d'absorption bien connue 2537 Å (fig. 6). Celle-ci et les autres raies de l'ultra-violet s'étendent sous 500 V/cm jusqu'à 12 000 Å, c'est-à-dire jusque

[13]) H. Kuhn, Z. für Physik, vol. 72 (1931), p. 462.
W. de Groot, De Ingenieur, No. 50, E 92—94, juin 1935.

loin dans l'infra-rouge. Ces lampes ont donc un *spectre continu*, qui est combiné au spectre discontinu normal. Il s'agit d'un spectre continu, mais d'une autre composition que celui de la lumière «blanche» émise par les sources lumineuses ordinaires [14]).

Les chiffres suivants indiquent en particulier dans quelle proportion le rouge se trouve dans la lumière émise par ces lampes:

lampe de 75 watts (refroidissement naturel):

jaune (5770 et 5790 Å)	33 %
vert (5461 Å)	56 %
bleu-violet (4358, 4047 et 4070 Å)	1 %
«rouge» en dessus de 5900 Å . .	5 %
bleu-vert	5 %

lampe de 600 watts (refroidissement par eau), mesurée avec un filtre Wratten No. 26:

Filtre Wratten nº 26		Lumière rouge en dessus
V/cm	W/cm	de 5900 Å
570	610	9,2 %
825	830	10,8 %
1010	925	11,8 %
1210	1135	14,1 %

Mentionnons à titre de comparaison que la lumière solaire, mesurée de la même façon, renferme environ 13 % de lumière rouge.

Ces valeurs s'entendent pour la «lumière» et non pas pour les «énergies rayonnantes». J'insiste sur ce point, afin d'éviter toute confusion.

Bien que ces considérations sur la lampe à vapeur de mercure à surpression soient basées pour le moment sur des expériences de laboratoire seulement, on comprend aisément que le développement de telles lampes tend déjà à la réalisation d'un spectre continu.

C. Considérations physiologiques.

De ce qui précède, il ne faudrait toutefois pas conclure que l'on tend exclusivement vers la lumière blanche. Nous arrivons ainsi au troisième point de cette conférence, à savoir l'élément physiologique, qui se résume par la question suivante: Comment la lumière impressionne-t-elle l'œil humain? Nous avons vu que la lumière blanche ne doit pas être considérée comme l'unique idéal, mais qu'il s'agit au contraire de déterminer pour chaque cas à quel genre de lumière il convient de donner la préférence.

Les essais pratiques entrepris avec cette lampe à vapeur de mercure à surpression de 75 watts ont fourni d'intéressants résultats. Elle aussi est encore relativement pauvre en lumière rouge, alors qu'une lampe normale à incandescence présente un excès de lumière rouge. On a donc procédé à des essais d'éclairage mixte et l'objet choisi fut un magasin de fleurs, c'est-à-dire un objet très difficile à traiter au point de vue de l'éclairage. Ce magasin avait une devanture ouverte à l'intérieur, comme c'est souvent le cas dans les magasins de fleurs. L'éclairage à incandescence était excellent; la devanture proprement dite était éclairée par 2 lampes à incandescence de 100 watts. Celles-ci furent remplacées par la combinaison suivante:

—	+	—	+	—
150 W	75 W	150 W	75 W	150 W
2000 lm	3000 lm	2000 lm	3000 lm	2000 lm

où — = lampe à incandescence,
+ = lampe à vapeur de mercure.

On obtint ainsi un éclairage de 6000 lumens avec chacun des deux types de lumière; le mélange était donc de 1 : 1.

Pour la plupart des fleurs, ce rapport donna un très bel effet; mais on ne pouvait cependant pas prétendre avoir obtenu de la sorte le même effet qu'avec la lumière du jour. Le vert des feuilles, les fleurs blanches, violettes, jaunes et rouges carmin étaient magnifiques. Le jeu des couleurs était beaucoup plus éclatant qu'avec le meilleur éclairage diurne. Notre estimation se basait toutefois sur le fait que nous sommes habitués le soir à la couleur de l'éclairage artificiel normal, ce qui fait que nous apprécions maintenant tout autrement, le soir, l'effet des couleurs, lors qu'il est le même qu'à la lumière du jour. Par contre, les splendides œillets, tulipes et azalées couleur saumon, c'est-à-dire précisément les fleurs qui sont utilisées de préférence pour la décoration des tables de fête, avaient un aspect beaucoup trop brun sous cet éclairage. Dès lors, le fleuriste tira habilement parti de la «qualité de la lumière», en exposant les fleurs jaunes, vertes et bleues, à l'éclairage mixte, les fleurs couleur saumon, en revanche, à l'éclairage des lampes à incandescence.

On voit qu'un élément nouveau s'introduit dans l'éclairage: l'utilisation de la *qualité* de la lumière et, par suite, l'emploi plus judicieux de l'énergie utilisée. Ayant en effet rendu visite un mois après à ce fleuriste et lui ayant fait remarquer que le service électrique lui facturait une puissance de 600 watts au lieu de 200 watts comme auparavant, disant qu'en conséquence la Maison Philips lui rembourserait volontiers la différence, le fleuriste m'a répondu que 6 ou 8 gulden de plus sont insignifiants par rapport à l'effet admirable qu'il obtient avec son nouvel éclairage et dont il ne voudrait plus se passer!

A mon avis, *chaque meilleure utilisation de l'énergie entraîne une augmentation de la consommation.*

[14]) Les lampes de 75 W (refroidissement naturel), de 600 W et de 2500 W (refroidissement par eau) ont été présentées en fonctionnement. En outre, le spectre de la lampe de 600 W a été projeté. La ligne d'alimentation de cette lampe était munie d'un régulateur de tension. Le conférencier a montré, par un réglage à diverses tensions, les trois raies normales de la décharge du mercure, puis l'extension de ces raies quand la tension s'élève et enfin le spectre continu qui se présente quand la tension est encore plus élevée.

L'augmentation du nombre de nouvelles sources lumineuses, dont chacune a ses propres caractéristiques, ne conduira pas à une diminution de la consommation d'énergie (comparez toutes les applications énumérées au début et leur répartition dans les différents domaines); la série de nouvelles sources lumineuses nous obligera à considérer avec toujours plus d'attention la question de savoir quelle lumière on doit utiliser. Cela signifie encore une fois que les nouvelles lampes à décharge ne remplaceront pas les lampes existantes, mais qu'elles les compléteront de manière fort utile, en nous permettant de disposer à loisir de diverses sources lumineuses s'adaptant au mieux aux différentes exigences.

—

Au cours de cette conférence, je n'ai pu noter que très brièvement les diverses possibilités qu'offre l'emploi des lampes à décharge en atmosphère gazeuse. J'ai montré que la tendance n'est pas d'obtenir à nouveau un spectre blanc, mais bien un spectre modifiable selon les besoins. Je ne veux toutefois pas passer complètement sous silence un autre domaine d'études, celui de la fluorescence et de la luminescence [15]). Mon aperçu serait d'autre part incomplet si je ne mentionnais enfin un domaine tout à fait différent dans les recherches de nouvelles sources lumineuses: celui auquel le professeur Ornstein, du Laboratoire de Physique d'Utrecht, s'est attaqué à la demande de la Fondation Rockfeller, sur les «bactéries luminescentes».

Nous sommes actuellement au début d'un développement tout nouveau de l'éclairage, développement dans plusieurs directions, qui nous force à considérer non seulement les problèmes physiques, mais dans la même mesure les problèmes physiologiques et psychologiques, développement qui conduira à une meilleure utilisation de la lumière et à un accroissement de la consommation d'énergie.

J'espère avoir ainsi éveillé votre intérêt pour ce nouveau développement.

[15]) Voir la conférence de M. Schneider, qui sera publiée dans un prochain numéro.

(La suite paraîtra dans un prochain numéro.)

Ein neues Photoregistrierinstrument für Erdstrommessungen.

Von *W. Beck*, Warschau, und *A. Bahrdt*, Berlin.

621.317.715.087.5 : 621.3.014.6.0014

Es wird ein Zeißsches Schleifengalvanometer beschrieben, das eine Einstelldauer von einigen Zehntel-Sekunden besitzt, und photographische Registrierung der Ausschläge gestattet. Als Beispiele für die Anwendung des Instrumentes werden einige in Berlin ausgeführte Erdstrommessungen erläutert, aus denen der Zusammenhang der Erdströme mit dem elektrischen Bahnbetrieb hervorgeht.

L'auteur décrit un galvanomètre à boucle Zeiss, dont l'équipage mobile prend en quelques dixièmes de seconde sa position équilibre et qui permet un enregistrement photographique. Il cite comme exemples d'application de cet instrument quelques mesures de courants vagabonds exécutées à Berlin et qui montrent la relation entre ces derniers et la traction électrique dans le voisinage.

In der Technik der Messung vagabundierender Ströme machte sich schon lange der Mangel an geeigneten Registriergeräten bemerkbar. Die oft angewendeten Fallbügelinstrumente erwiesen sich in all den Fällen als unzulänglich, wo schnell schwankende Ströme auftraten, oder wo es darauf ankam, sehr kleine Spannungsdifferenzen zu erfassen. Da im allgemeinen Messgeräte, die nach dem Prinzip eines Fadeninstrumentes mit Spiegelablesung [1]) aufgebaut sind, in jeder Hinsicht zu empfindlich scheinen, um für Messungen an Ort und Stelle allgemein verwendet zu werden, versuchte man, geeignetere Geräte ausfindig zu machen. So wurde vom General Post Office in London [2]) einmal der Vorschlag gemacht, mit Hilfe eines von der Firma Zeiss herausgebrachten Spezialgerätes, dem Schleifengalvanometer [3]), sehr kleine Spannungsabfälle, gegebenenfalls in Kombination mit Röhrenvoltmeter und Kalomelelektrode registrierend zu erfassen. Es schien von besonderem Interesse, Messungen mit dem genannten Instrument auf breiterer Basis durchzuführen und besonders auch damit die Verhältnisse an unterirdischen Gas- und Wasserrohren genauer zu untersuchen.

Das Zeißsche Schleifengalvanometer (Fig. 1) ist ein Instrument, bei dem eine dünne Metallschleife, ein Band aus leichter Folie oder ein Draht mit jedem Schenkel in einem Magnetfeld hängt und

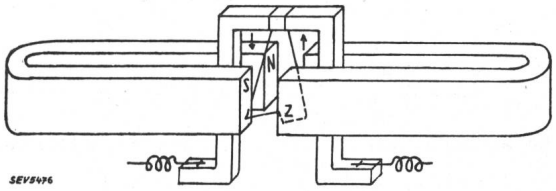


Fig. 1.
Schematische Darstellung des Zeiss-Schleifengalvanometers
(Schleife in hängender Lage).

gut gedämpft in ihm schwingen kann. Die magnetischen Felder werden durch starke Permanentmagnete erzeugt, die mit den ungleichnamigen Polen gegenüberstehen. Das Instrument ist fast so bequem im Gebrauch wie ein Zeigergalvanometer, weist indessen eine wesentlich höhere Empfindlichkeit auf. Die Einstelldauer beträgt einige Zehntelssekunden. Wie aus Fig. 1 noch hervorgeht, ist das

[1]) C. M. Longfield J. Inst. Electr. Engr. Bd. 76 (1935), S. 107.

[2]) 3e réunion plénière der Commission Mixte Internationale 1932, p. 111, 113/114, 139/140.

[3]) R. Mechau: Phys. Z. Bd. 24 (1923), S. 242.