

## Conditions d'utilisation des contenus du Conservatoire numérique

1- Le Conservatoire numérique communément appelé le Cnum constitue une base de données, produite par le Conservatoire national des arts et métiers et protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle. La conception graphique du présent site a été réalisée par Eclydre ([www.eclydre.fr](http://www.eclydre.fr)).

2- Les contenus accessibles sur le site du Cnum sont majoritairement des reproductions numériques d'œuvres tombées dans le domaine public, provenant des collections patrimoniales imprimées du Cnam.

Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n° 78-753 du 17 juillet 1978 :

- la réutilisation non commerciale de ces contenus est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur ; la mention de source doit être maintenue ([Cnum - Conservatoire numérique des Arts et Métiers - https://cnum.cnam.fr](https://cnum.cnam.fr))
- la réutilisation commerciale de ces contenus doit faire l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service.

3- Certains documents sont soumis à un régime de réutilisation particulier :

- les reproductions de documents protégés par le droit d'auteur, uniquement consultables dans l'enceinte de la bibliothèque centrale du Cnam. Ces reproductions ne peuvent être réutilisées, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l'autorisation préalable du titulaire des droits.

4- Pour obtenir la reproduction numérique d'un document du Cnum en haute définition, contacter [cnum\(at\)cnam.fr](mailto:cnum(at)cnam.fr)

5- L'utilisateur s'engage à respecter les présentes conditions d'utilisation ainsi que la législation en vigueur. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment possible d'une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.

6- Les présentes conditions d'utilisation des contenus du Cnum sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

## NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

NOTICE DE LA REVUE	
Auteur(s) ou collectivité(s)	Laboratoire d'essais mécaniques physiques chimiques et de machines du Conservatoire national des Arts et Métiers
Auteur(s)	Laboratoire d'essais mécaniques physiques chimiques et de machines du Conservatoire national des Arts et Métiers
Titre	Publication : Laboratoire d'essais
Adresse	Paris : Conservatoire national des arts et métiers, 193.-195.
Nombre de volumes	125
Cote	CNAM-BIB P 1329-B et P 1329-C
Sujet(s)	Conservatoire national des arts et métiers (France) Génie industriel -- 20e siècle
Note	La collection comporte des lacunes : n°24; n°58; n°63; n°67; n°76-n°77
Notice complète	<a href="https://www.sudoc.abes.fr/cbs//DB=2.1/SET=17/TTL=3/REL?PPN=261820893&amp;RELTYPE=NT">https://www.sudoc.abes.fr/cbs//DB=2.1/SET=17/TTL=3/REL ?PPN=261820893&amp;RELTYPE=NT</a>
Permalien	<a href="https://cnum.cnam.fr/redir?P1329-B_P1329-C">https://cnum.cnam.fr/redir?P1329-B_P1329-C</a>
LISTE DES VOLUMES	
	<a href="#">N°25 (1936)</a>
	<a href="#">N°26 (1937)</a>
	<a href="#">N°27 (1937)</a>
	<a href="#">N°28 (1937)</a>
	<a href="#">N°29 (1938)</a>
	<a href="#">N°30 (1939)</a>
	<a href="#">N°31 (1936)</a>
	<a href="#">N°32 (1938)</a>
	<a href="#">N°33 (1938)</a>
	<a href="#">N°34 (1938)</a>
	<a href="#">N°35 (1938)</a>
	<a href="#">N°36 (1938)</a>
	<a href="#">N°37 (1938)</a>
	<a href="#">N°38 ( 1938)</a>
	<a href="#">N°39 (1938)</a>
	<a href="#">N°40 (1939)</a>
	<a href="#">N°41 (1939)</a>
	<a href="#">N°42 (1939)</a>
	<a href="#">N°43 (1939)</a>
	<a href="#">N°44 (1939)</a>
	<a href="#">N°45 (1938)</a>
	<a href="#">N°46 (1940)</a>
	<a href="#">N°47 (1940)</a>
	<a href="#">N°48 (1940)</a>
	<a href="#">N°49 (1940)</a>
	<a href="#">N°50 (1940)</a>
	<a href="#">N°51 (1941)</a>
	<a href="#">N°52 (1941)</a>
	<a href="#">N°53 (1941)</a>
	<a href="#">N°54 (1941)</a>
	<a href="#">N°55 (1942)</a>
	<a href="#">N°56 (1942)</a>
	<a href="#">N°57 (1942)</a>
	<a href="#">N°59 (1942)</a>

	<a href="#">N°60 (1941)</a>
	<a href="#">N°61 (1942)</a>
	<a href="#">N°62 (1943)</a>
	<a href="#">N°64 (1943)</a>
	<a href="#">N°65 (1943)</a>
	<a href="#">N°66 (1943)</a>
	<a href="#">N°68 (1943)</a>
	<a href="#">N°69 (1943)</a>
	<a href="#">N°70 (1943)</a>
	<a href="#">N°71 (1943)</a>
	<a href="#">N°72 (1944)</a>
	<a href="#">N°73 (1943)</a>
	<a href="#">N°74 (1944)</a>
	<a href="#">N°75 (1944)</a>
	<a href="#">N°78 (1944)</a>
	<a href="#">N°79 (1944)</a>
	<a href="#">N°80 (1944)</a>
	<a href="#">N°81 (1944)</a>
	<a href="#">N°82 (1944)</a>
	<a href="#">N°83 (1944)</a>
	<a href="#">N°84 (1944)</a>
	<a href="#">N°85 (1944)</a>
<b>VOLUME TÉLÉCHARGÉ</b>	<a href="#">N°86 (1945)</a>
	<a href="#">N°87 (1945)</a>
	<a href="#">N°88 (1945)</a>
	<a href="#">N°89 (1945)</a>
	<a href="#">N°90 (1945)</a>
	<a href="#">N°91 (1945)</a>
	<a href="#">N°92 (1945)</a>
	<a href="#">N°93 (1945)</a>
	<a href="#">N°94 (1945)</a>
	<a href="#">N°95 (1946)</a>
	<a href="#">N°96 (1946)</a>
	<a href="#">N°97 (1946)</a>
	<a href="#">N°98 (1944)</a>
	<a href="#">N°99 (1945)</a>
	<a href="#">N°100 (1945)</a>
	<a href="#">N°101 (1946)</a>
	<a href="#">N°102 (1946)</a>
	<a href="#">N°103 (1946)</a>
	<a href="#">N°104 (1946)</a>
	<a href="#">N°105 (1946)</a>
	<a href="#">N°106 (1946)</a>
	<a href="#">N°107 (1947)</a>
	<a href="#">N°108 (1947)</a>
	<a href="#">N°109 (1947)</a>
	<a href="#">N°110 et 111 (1947)</a>
	<a href="#">N° 112 (1947)</a>
	<a href="#">N° 113 (1947)</a>
	<a href="#">N° 114 (1947)</a>
	<a href="#">N° 115 (1947)</a>
	<a href="#">N° 116 (1947)</a>
	<a href="#">N° 117 (1947)</a>
	<a href="#">N° 118 (1948)</a>
	<a href="#">N° 119 (1948)</a>
	<a href="#">N° 120 (1948)</a>
	<a href="#">N° 121 (1948)</a>
	<a href="#">N° 122 (1947)</a>

	<a href="#">N° 123 (1948)</a>
	<a href="#">N° 124 (1948)</a>
	<a href="#">N° 125 (1948)</a>
	<a href="#">N° 126 (1948)</a>
	<a href="#">N° 127 (1948)</a>
	<a href="#">N° 128 (1948)</a>
	<a href="#">N° 129 (1948)</a>
	<a href="#">N° 130 (1949)</a>
	<a href="#">N° 131 (1949)</a>
	<a href="#">N° 132 (1949)</a>
	<a href="#">N° 133 (1948)</a>
	<a href="#">N° 134 (1949)</a>
	<a href="#">N° 135 (1948)</a>
	<a href="#">N° 136 (1949)</a>
	<a href="#">N° 137 (1950)</a>
	<a href="#">N° 138 (1950)</a>
	<a href="#">N° 139 (1950)</a>
	<a href="#">N° 140 (1950)</a>
	<a href="#">N° 141 (1950)</a>
	<a href="#">N° 142 (1948)</a>
	<a href="#">N° 143 (1950)</a>
	<a href="#">N° 144 (1950)</a>
	<a href="#">N° 145 (1951)</a>
	<a href="#">N° 146 (1951)</a>
	<a href="#">N° 147 (1951)</a>
	<a href="#">N° 148 (1951)</a>
	<a href="#">N° 149 (1951)</a>
	<a href="#">N° 150 (1951)</a>
	<a href="#">N° 151 (1951)</a>
	<a href="#">N° 152 (1951)</a>
	<a href="#">N° 153 (1952)</a>
	<a href="#">N° 154 (1952)</a>
	<a href="#">N° 155 (1952)</a>

<b>NOTICE DU VOLUME TÉLÉCHARGÉ</b>	
Auteur(s) volume	Laboratoire d'essais mécaniques physiques chimiques et de machines du Conservatoire national des Arts et Métiers
Titre	Publication : Laboratoire d'essais
Volume	<a href="#">N°86 (1945)</a>
Adresse	Paris : Conservatoire national des arts et métiers, 1945
Collation	1 vol. (p. [75-83]) : ill. ; 27 cm
Nombre de vues	16
Cote	CNAM-BIB P 1329-C (8)
Sujet(s)	Conservatoire national des arts et métiers (France) Génie industriel -- 20e siècle
Thématique(s)	Histoire du Cnam
Typologie	Revue
Langue	Anglais Français
Date de mise en ligne	10/04/2025
Date de génération du PDF	07/02/2026
Recherche plein texte	Disponible
Notice complète	<a href="https://www.sudoc.fr/039014541">https://www.sudoc.fr/039014541</a>
Permalien	<a href="https://cnum.cnam.fr/redir?P1329-C.8">https://cnum.cnam.fr/redir?P1329-C.8</a>

## **Note de présentation du ....**

---

...

8 Rue de la

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
LABORATOIRE D'ESSAIS



BULLETIN  
DU  
LABORATOIRE D'ESSAIS  
1945 - N° 8

PUBLICATION N° 86

(Voir le sommaire au verso)

## SOMMAIRE

---

G. A. BOUTRY. — Editorial.

G. BLET. — Recherches de photométrie hétérochrome : sources monochromatiques, photométrie de papillotement ; applications (à suivre) ..... page 75



# BULLETIN DU LABORATOIRE D'ESSAIS

DU CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS & MÉTIERS

## ÉDITORIAL

Le Bulletin du Laboratoire d'Essais, qui ne relate que la vie scientifique et les progrès techniques d'un service public français, ne doit pas normalement porter de trace d'événements d'un autre ordre. Il en est pourtant de si graves, de si heureux, qu'il n'est pas possible d'appliquer rigidelement une telle règle. Entre le moment où le mémoire que contient la présente livraison a été achevé et celui où le résultat de notre travail part chez l'imprimeur, notre Patrie a retrouvé son indépendance. Du même coup, le Bulletin du Laboratoire d'Essais, né et publié jusqu'ici à petit bruit, sans l'autorisation de la puissance naguère occupante, reçoit le droit et le devoir de dire ce qui suit :

Le personnel du Laboratoire d'Essais du Conservatoire National des Arts et Métiers a accompli sans défaillance, et avec une tranquille ténacité, une tâche rendue chaque jour plus difficile par la surveillance dont nous étions l'objet, par le manque de matières premières, d'énergie et de bras. A aucun moment, grâce à la discipline, à la camaraderie et au courage dont ses membres ont fait preuve, nous n'avons été paralysés. Il a fallu parfois tout faire, même l'électricité, même le savon. Il en est résulté pour nous des progrès, une cohésion meilleure, un potentiel technique augmenté.

Aucun des chefs, aucun des agents ne sera cité ou remercié ici : il suffit que ceux qui liront ces lignes apprennent qu'ils ont tous pleinement fait leur devoir. Nous ne prononcerons que les noms des absents et de ceux à qui les circonstances ont valu des souffrances particulières : MM. ROUQUAYROL et DESQUIENS, prisonniers de guerre, plus tard libérés; LAROCHE, qui n'a quitté sa prison que pour une longue convalescence, non encore achevée; COUTURAS, prisonnier qui n'est pas revenu; BLONDEAU, PHÉMOLANT, PAGOT, dont le départ en Allemagne n'a pu être empêché; ARDITI, arrêté par un service allemand et interné pendant une longue période dans un camp de concentration. Le travail, qui continuait malgré le froid et le manque de nourriture, a fait chez nous quelques malades que nous aidons de notre mieux. Les autres, tous les autres travaillent aujourd'hui comme ils le faisaient naguère, au milieu de difficultés qui n'ont pas diminué, mais dans un climat moral enfin lumineux, dans un calme retrouvé, prélude intérieur à la future paix.

G.-A. BOUTRY.

## RECHERCHES DE PHOTOMÉTRIE HÉTÉROCHROME. - Sources monochromatiques ; Photométrie de papillotement ; Applications.

**SOMMAIRE.** — Contribution à l'étude expérimentale et théorique de la décharge dans une lampe à vapeur de mercure haute pression. — Conditions de stabilité des divers rayonnements. — Réalisation d'un nouveau photomètre papilloteur; étude critique des conditions d'emploi; validité des résultats. — Essai de classification des divers types de vision colorée (cinquante observateurs).

**SUMMARY.** — Contribution to experimental and theoretical study of the discharge in a high pressure quicksilver lamp. — Conditions of stability of various radiations. — Realisation of a new flicker photometer; critical study of conditions of use; validity of results. — Trial of classification of the various types of colored vision (fifty observers).

### INTRODUCTION

Le développement récent des sources lumineuses à haut rendement, obtenues par décharge luminescente dans les gaz raréfiés ou les vapeurs métalliques, associées ou non à des substances fluorescentes, a introduit dans le domaine pratique des lumières de couleurs diverses, très différentes en général de la lumière fournie par incandescence. On peut citer pour mémoire les tubes à azote, oxyde de car-

bone, néon, vapeur de mercure, avec ou sans revêtement fluorescent.

Le problème s'est donc présenté pour l'ingénieur éclairagiste de déterminer les caractéristiques lumineuses de telles sources (intensité, flux, brillance). Le problème de la photométrie hétérochrome qui n'était guère sorti des laboratoires devient un problème pratique, répondant à des besoins industriels. Les étalons photométriques sont

en effet des lampes à incandescence à faible température de couleur. Parmi les diverses méthodes utilisées pour comparer des lumières de couleurs différentes, la méthode de papillotement est celle qui donne les résultats les plus reproductibles : son principe est toutefois contesté comme ne correspondant pas aux conditions d'utilisation de la lumière. Très étudiée en Angleterre et aux Etats-Unis en particulier, cette technique n'a pas été en France l'objet d'une étude systématique. Par ailleurs, de nombreux problèmes concernant la vision colorée sont sous la dépendance directe de la solution apportée à la photométrie hétérochrome.

## PREMIERE PARTIE

### LAMPES A DÉCHARGE

#### CHAPITRE PREMIER

##### RAYONNEMENT DE L'ARC AU MERCURE HP 300

##### EN FONCTION DES CONDITIONS D'ALIMENTATION :

##### ETUDE EXPERIMENTALE

Le problème pratique de la photométrie hétérochrome met le plus souvent l'observateur en présence de sources colorées à répartition spectrale complexe. L'étude théorique du même problème est simplifiée par l'emploi de lumières monochromatiques. Plusieurs solutions sont possibles :

a) *Emploi d'un monochromateur et d'une source à spectre continu.* — Ce dispositif a l'avantage de fournir à volonté une lumière de longueur d'onde quelconque, par contre il a l'inconvénient d'une faible luminosité, joint à une définition médiocre de la longueur d'onde. La bande passante atteint souvent en effet une largeur d'une trentaine d'Angströms : ceci n'est peut-être pas très gênant au point de vue pratique, mais complique les données du problème.

b) *Emploi de source à spectre continu et de filtres.* — On gagne évidemment beaucoup en luminosité, mais on ne peut plus parler de longueur d'onde, les filtres usuels (solutions, gélatines, verres) ayant des bandes de transmission très étalées. Tout au plus peut-on caractériser la lumière obtenue par une longueur d'onde apparente.

c) *Emploi de source à spectre discontinu et de filtres.* — Le nombre de couleurs utilisables est alors restreint, mais la luminosité est parfois grande et la définition de la longueur d'onde est parfaite.

Quelle que soit la solution choisie, on doit veiller à la stabilisation de la source lumineuse utilisée.

Dans les deux premiers cas envisagés ci-dessus, l'alimentation des sources lumineuses en courant continu rend possible l'emploi de batteries d'accumulateurs et le réglage au moyen d'un dispositif potentiométrique contrôlé par une pile étalon.

Par contre, l'utilisation des lampes à décharge n'est souvent possible que sur courant alternatif, de contrôle beaucoup plus délicat.

Pour utiliser un photomètre à écran diffusant, il est nécessaire d'employer des sources à intensité élevée, c'est pourquoi il paraît indiqué de s'en tenir à la dernière solution : la vapeur de mercure donnant suffisamment de radiations monochromatiques intenses.

La lampe adoptée est du type *Philips HP 300* (fig. 1). Elle est constituée essentiellement par une ampoule de quartz de 8 mm de diamètre intérieur et de 40 mm de long, contenant une petite quantité de mercure (18,3 mg environ; densité de remplissage : 1 centigramme par  $\text{cm}^3$ ) et de l'argon sous faible pression.

Deux électrodes cylindriques métalliques distantes de 22 mm amènent le courant. Une troisième, voisine de

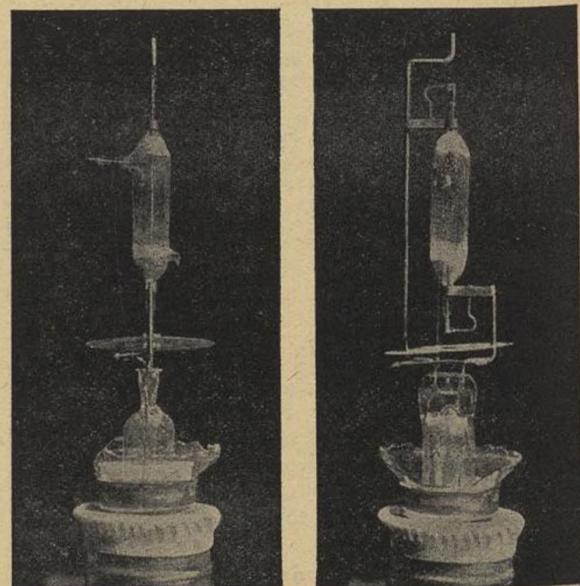
Les recherches entreprises se proposent de juger la solution apportée par la photométrie de papillotement. Ce travail, commencé en 1937, a été interrompu par la mobilisation, la guerre et ses suites. Depuis 1941, il n'a pas été possible de se tenir au courant des recherches poursuivies à l'étranger dans ce domaine. La deuxième partie concernant les problèmes de la vision colorée prévoyait l'utilisation d'un nombre élevé d'observateurs (plusieurs centaines) : les circonstances actuelles (restrictions sur l'électricité) n'ont pas permis de donner à ces mesures le développement souhaité : toutefois plusieurs problèmes ont pu être étudiés par une cinquantaine d'observateurs.

l'électrode supérieure et reliée à l'autre par une résistance élevée, permet l'amorçage à froid de la décharge. Un ballon de verre entoure le tout, dans le double but de protéger l'ampoule de quartz contre les courants d'air tout en maintenant une température plus élevée, et de protéger l'observateur contre le rayonnement ultra-violet intense émis par la vapeur de mercure.

#### § 1<sup>er</sup>. — FONCTIONNEMENT DE LA LAMPE A VAPEUR DE MERCURE.

Au moment de l'allumage, à froid, la tension de vapeur de mercure est trop basse pour permettre l'établissement d'un arc. Celui-ci s'amorce dans l'argon, entre l'électrode supérieure et l'électrode auxiliaire. La température s'élève alors, le mercure se vaporise et la décharge normale s'établit dans la vapeur de mercure entre les électrodes principales, la « résistance » de la vapeur de mercure (à froid 7 ohms, et à chaud 80 ohms) étant bien inférieure à celle de la résistance de protection (25.000 ohms) de l'électrode auxiliaire. Le régime normal est atteint rapidement (10 à 15 minutes). Au cours de cette période

Fig. 1



d'allumage, on peut suivre l'élévation progressive de température de la vapeur de mercure en observant corrélativement l'augmentation du flux lumineux émis, ainsi que l'augmentation de résistance (décelée par la diminution progressive de l'intensité du courant et l'augmentation de la tension aux bornes). Les courbes de la figure 2 relatives à ces trois variables ( $\Phi$ ,  $I$  et  $V$ ) montrent par leurs situations respectives la relation existante entre ces divers phénomènes. Deux autres courbes indiquent la variation de la puissance consommée et du  $\cos \varphi$ .

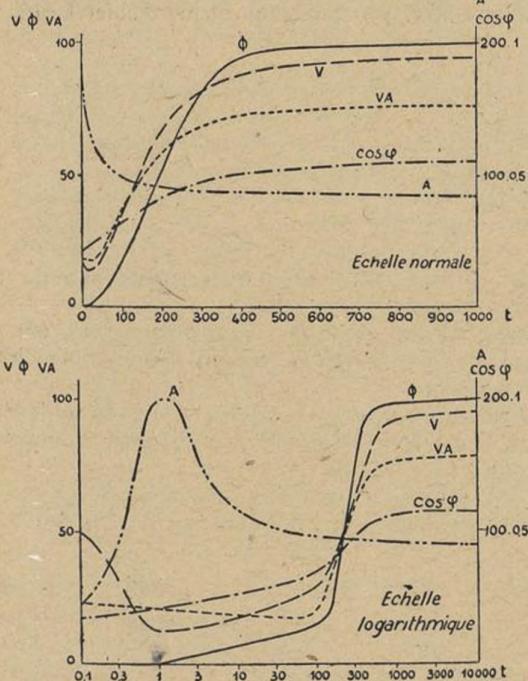


Fig. 2

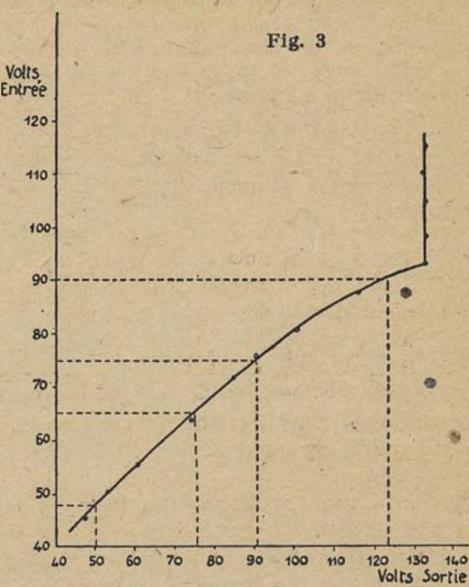
Pour que la lampe puisse fonctionner, il faut une tension supérieure à la tension d'amorçage  $V_a$  (conditionnée par la nature, la température et la densité du gaz, les dimensions et le remplissage de l'ampoule). Lorsque la tension appliquée  $V$  est inférieure à  $V_a$  la lampe offre une résistance très grande, et lorsque  $V$  est supérieure ou égale à  $V_a$ , la résistance tombe brusquement à une valeur très faible : parallèlement l'intensité augmente et prendrait une valeur inadmissible. Aussi doit-on utiliser un circuit à impédance élevée pour concilier les deux phases de la décharge, tension élevée pour l'amorçage, courant restreint en court-circuit. Une self en série peut convenir : la solution adoptée par Philips comporte un autotransformateur à dispersion magnétique remplaçant self et transformateur en série.

Les caractéristiques du circuit étant parfaitement déterminées et invariables (échauffement négligeable), il importe de voir la répercussion sur le fonctionnement lumineux de la lampe, des variations des caractéristiques du courant : tension et fréquence, et du vieillissement de la lampe. La courbe de la figure 3 montre la correspondance existante en cours de fonctionnement entre la tension à l'entrée du transformateur d'alimentation et la tension aux bornes de la lampe pour la fréquence 50. L'existence sur cette caractéristique d'une partie rectiligne où la tension secondaire est indépendante de la tension primaire montre que dans ces conditions la lampe fonctionne en « *stabilovolt* ». La lampe étant en série avec une impédance constante, les modifications de la tension appliquée produisent des variations du courant débité qui se traduisent

par des translations de la droite de résistance du tube, la tension entre les électrodes restant constante.

L'alimentation prévue pour cette étude devrait per-

Fig. 3



mettre de faire varier à volonté et indépendamment l'une de l'autre la fréquence et la tension du courant produit. Une commutatrice alimentée par une batterie d'accumulateurs débite sur un transformateur à secondaires multiples. La manœuvre convenable des rhéostats de champ et d'excitation permet de faire varier dans d'assez grandes limites la vitesse de la commutatrice, donc la fréquence du courant, sans modifier sensiblement la tension alternative induite. On peut d'autre part ajuster celle-ci par le choix du secondaire convenable du transformateur de sortie (volt par volt de 0 à 220 volts) et par le réglage d'un rhéostat en série avec le transformateur de la lampe.

Dans les conditions de fonctionnement précisées plus haut, la température du gaz d'électrons atteint une valeur élevée (environ 35.000° K dans l'axe de l'ampoule) et la pression est voisine de 12 atmosphères. La décharge se manifeste alors par l'émission de deux spectres : un spectre de raies d'arc, et un spectre continu, (ce dernier toutefois relativement faible). Le spectre d'arc contient essentiellement des radiations violette, bleue, verte et jaunes dont on trouvera les intensités lumineuses relatives dans le tableau I, en pour cent de l'intensité lumineuse totale.

TABLEAU I

Couleur	Bleu	Vert	Jaune	Rouge
$\lambda$ .....	4.358	5.461	5.780	6.400
Brillance lumineuse en % .....	0,71	55,8	43,1	0,39
$V_\lambda$ .....	0,0182	0,979	0,878	0,060
				(moyenne)
Brillance énergétique relative .....	390	571	491	65
Brillance énergétique relative (Krefft) ...	380	585	488	»

Le fond continu prend une valeur appréciable dans l'extrême rouge du spectre.

#### RÉPARTITION EN VALEUR RELATIVE DES BRILLANCES SPECTRALES ÉNERGÉTIQUES ET LUMINEUSES DANS L'ARC AU MERCURE TYPE HP 300.

En ce qui concerne les recherches pratiques et théoriques effectuées sur cette source de lumière, le problème peut être scindé en deux parties :

1° le spectre visible où l'on peut considérer suivant le cas, les brillances énergétiques ou les brillances lumineuses;

2° le spectre infra-rouge où seules les brillances énergétiques sont à considérer.

#### A. — Spectre visible.

Les diverses radiations et le fond continu rouge peuvent être isolés au moyen de filtres SCHOTT. La mesure comporte les opérations suivantes :

a) comparer au photomètre papilloteur la brillance de l'arc vu à travers un filtre, à sa brillance, nu. Si le facteur de transmission totale du filtre est très faible, il peut être nécessaire de faire appel à un ou plusieurs intermédiaires;

b) déterminer à la photopile ou à la thermopile le facteur de transmission monochromatique du filtre envisagé;

c) le quotient de ces deux mesures donne la brillance lumineuse monochromatique cherchée par rapport à la brillance lumineuse totale. Pour passer aux brillances énergétiques relatives, il suffit de diviser les nombres précédents relatifs aux brillances lumineuses par les coefficients  $V_\lambda$  de la courbe de visibilité pour les longueurs d'onde correspondantes.

Le tableau I groupe ces résultats pour les radiations utilisées par ailleurs.

La dernière colonne donne les brillances énergétiques relatives déterminées par KREFFT [28] pour une pression de 11 atmosphères.

#### B. — Spectre dans le proche infra-rouge.

L'étude énergétique de ce spectre est susceptible de fournir d'intéressants renseignements sur la répartition de l'énergie dans le spectre continu émis par l'arc au mercure dans ces conditions d'excitation. La méthode comporte les opérations suivantes :

a) déterminer par photométrie photographique la courbe de distribution énergétique dans le spectre infra-rouge de l'arc à Hg;

b) déterminer sur le même spectrographe la même courbe pour une lampe à ruban de tungstène dont on mesure la température de brillance monochromatique  $S_{0,665}$  (à laquelle correspond la température vraie  $T$ ).

c) connaissant pour cette température  $T$  la courbe de répartition énergétique spectrale du corps noir (loi de WIEN) et le pouvoir émissif du tungstène, déterminer à partir de b), la courbe de transmission du spectrographe;

d) la comparaison de a) et de c) permet de tracer la courbe d'émission cherchée pour l'arc à mercure.

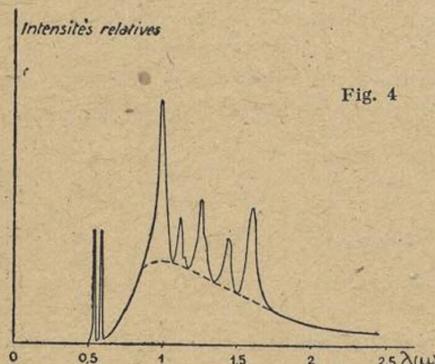


Fig. 4

sortie. Le réglage de la largeur de chacune d'elles agit sur la sélectivité et la sensibilité du spectrographe. Le récepteur est une thermopile linéaire placée dans le plan d'une image réelle de la fente de sortie et perpendiculairement à celle-ci. L'étalonnage en longueur d'onde se fait grâce à la raie D du sodium dans le visible et quelques raies du mercure facilement identifiables dans l'infra-rouge.

La courbe obtenue par cette méthode et reproduite ci-contre (fig. 4) montre, en plus de raies très visibles, un spectre continu qui prend naissance dans le rouge vers  $0,66 \mu$ . Ce spectre, d'importance considérable dans l'infra-rouge, présente un maximum d'intensité pour une longueur d'onde très voisine (toutes corrections faites) de  $1,00 \mu$ .

Ces diverses radiations ne peuvent être utilisées que si l'on possède les filtres permettant de les isoler séparément tout en leur laissant une intensité suffisante. Les combinaisons de filtres SCHOTT indiquées donnent une solution satisfaisante de ce problème. Remarquons cependant que le filtre rouge laisse passer une bande assez étendue, mais ceci n'est pas gênant du point de vue photométrie visuelle, car les diverses radiations qu'elle contient produisent la même sensation colorée.

#### COURBES ET FACTEURS DE TRANSMISSION DES FILTRES UTILISÉS.

Les divers filtres spécifiés (tableau II) ont été étudiés de deux manières :

a) leur courbe de transmission a été déterminée au moyen du spectrophotomètre enregistreur BOUTRY et GILLOD;

b) leur facteur de transmission pour la radiation monochromatique d'utilisation a été mesuré à la photopile.

TABLEAU II

Couleur	Bleu	Vert	Jaune	Rouge
—	—	—	5.770	6.200
$\lambda \dots$	4.358	5.461	et 5.790	à 7.200
Niveau	7,67	7,67	8,83	12,09
d'énergie initiale ...				à 12,37
Filtres	GG3 4 mm BG12 6 mm	OG5 2 mm BG20 10 mm VG9 4 mm	OG2 2 mm BG23 2 mm VG23 2 mm	RG2 2 mm

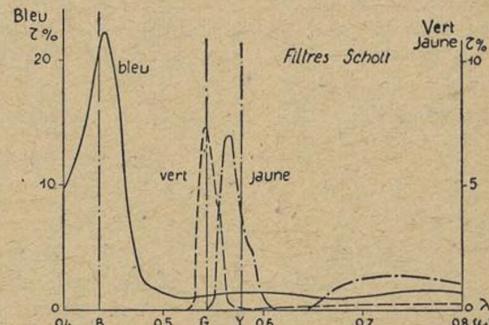
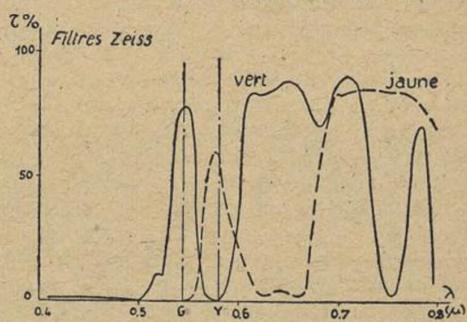


Fig. 5

Le matériel utilisé comprend un spectrographe à miroirs argentés et prisme de verre associé à un miroir plan pour avoir pour chaque longueur d'onde, minimum de déviation et déviation constante. La rotation de l'ensemble prisme-miroir plan fait défiler les diverses images monochromatiques d'une fente d'entrée devant une fente de

Les courbes ci-jointes (fig. 5) montrent que les verres Zeiss sont très lumineux mais peu sélectifs, en particulier le filtre vert laisse passer la presque totalité du rouge. Les filtres SCHOTT au contraire sont peu lumineux mais beaucoup plus « monochromatiques ».

Alors que le tracé de la courbe situe respectivement les diverses régions de transparence du filtre considéré, la mesure du facteur de transmission pour une longueur d'onde déterminée permet de mettre cette courbe en place de façon absolue.

En règle générale, à moins de spécification contraire, ce sont les filtres SCHOTT qui ont servi à toutes les mesures dont il sera fait état dans ce travail.

L'observation du diagramme spectral (fig. 6) de la vapeur de mercure nous indique les sauts électroniques caractéristiques des diverses radiations, les niveaux de départ et leur énergie mesurée selon la méthode classique en électron-volt. Ces renseignements sont également consignés dans le tableau II.

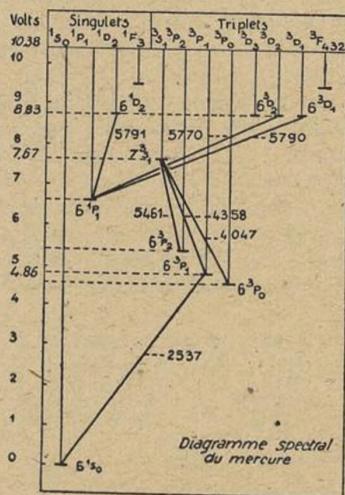


Fig. 6

Le spectre d'arc du mercure comprend [20] des séries de termes simples et des séries de triplets. Les trois raies violettes, bleue et verte constituent précisément l'un de ces triplets par suite de la multiplicité du niveau d'arrivée. Ce triplet appartient à la deuxième série secondaire : 7<sup>3</sup>P<sub>n</sub> — 6<sup>3</sup>S<sub>1</sub>. Les deux raies jaunes sont une raie de combinaison (5.770 Å) et un singulet (5.791 Å) très voisin d'ailleurs d'une autre raie de combinaison (5.790 Å) beaucoup plus faible.

L'émission d'un spectre continu implique l'existence dans la vapeur de mercure d'électrons libres de vitesses quelconques, donc d'atomes ionisés. L'énergie correspondante sera donc obligatoirement supérieure à celle nécessaire pour ioniser l'atome.

## § 2. — DISPOSITIF D'ALIMENTATION.

Les mesures entreprises exigeant une bonne définition des caractéristiques du courant d'alimentation, une étude préliminaire du dispositif employé s'est avérée indispensable.

La commutatrice, d'une puissance de 1.500 W, est alimentée par une batterie d'accumulateurs de 120 volts de forte capacité, particulièrement bien entretenue. A une vitesse de rotation de 3.000 t/m correspond un courant alternatif de fréquence 50.

A partir de l'instant où on lance la commutatrice, les divers circuits (en charge normale) s'échauffent et les caractéristiques varient jusqu'à obtention de la tempéra-

ture de régime en charge. Cette dérive précédant la stabilité moyenne dure environ 2 heures.

Ce régime « stable » étant atteint, il subsiste d'incessantes fluctuations de tension (très faibles) et de fréquence (plus marquées) autour de valeurs moyennes très bien définies.

Le contrôle peut se faire de diverses manières :

A. — CONTRÔLE DIRECT du flux lumineux émis par la lampe à décharge. Une photopile branchée sur un galvanomètre enregistreur reçoit le flux lumineux convenablement affaibli pour obtenir une courbe de réponse à peu près linéaire au voisinage du point de fonctionnement (fig. 7, enregistrement n° 1).

### B. — CONTRÔLE INDIRECT :

a) *contrôle de la tension* : la même photopile reçoit la lumière provenant d'une lampe à filament de carbone de 5 bougies, alimentée en parallèle avec la HP 300. Un étalonnage préalable permet de tarer l'ensemble;

b) *contrôle de la fréquence* : deux transformateurs abaisseurs 110 v-12 v, sont alimentés, l'un par le réseau (fréquence contrôlée), l'autre par la commutatrice. Leurs secondaires en série sont reliés à un voltmètre 0-30 volts. Une différence de fréquence se traduit par des battements, ce qui permet de régler aisément la commutatrice. Des variations lentes de N se traduiront par de lentes oscillations du voltmètre, sa position indiquant seulement la différence de phase entre les deux courants. Un tel dispositif s'est révélé très commode pour mesurer des écarts relatifs de la fréquence.

Soit  $N_0$  (= 50) celle du réseau et  $N$  celle de la commutatrice, la fréquence des battements sera  $n = N - N_0$  et

$$\frac{N - N_0}{N_0} = \frac{n}{N_0}$$

la variation relative sera :

En régime « stable », la période des battements est au moins de 4 secondes, soit  $n = 1/4$  et  $n/N_0 = 1/200$ .

En résumé, au bout de deux heures environ, on arrive à un régime à peu près stable. Les valeurs moyennes de tension et de fréquence sont bien constantes, mais il se superpose de légères fluctuations de faible amplitude. Leur existence a été décelée par des variations correspondantes du flux lumineux et c'est ce qui nous a amenés à entreprendre une étude systématique.

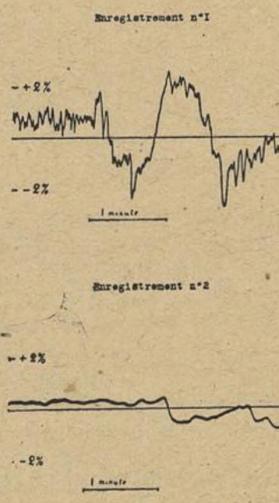


Fig. 7

L'emploi ultérieur d'un transformateur régulateur à fer saturé, branché directement sur le réseau a produit une amélioration très nette (fig. 7, enregistrement 2).

### § 3. — MESURE DES FLUX LUMINEUX.

Comme on le verra par la suite, on est amené à comparer entre eux des flux lumineux d'intensités différentes. Ce qui facilite la tâche, c'est que ces flux sont issus de la même source et conservent rigoureusement les mêmes définitions géométrique et spectrale au cours des diverses mesures. Comme, d'autre part il n'est pas nécessaire de faire des mesures absolues, il est possible d'employer comme récepteur une cellule photoémissive à vide ou un couple photoélectrique.

Un récepteur physique est préférable à l'œil à cause de sa commodité car presque toutes les mesures sont homochromes. Pour les mesures en lumière complexe, les résultats seront corrects en première approximation, la courbe de sensibilité spectrale du couple au sélénium étant voisine de celle de l'œil.

L'étude a porté sur une cellule à vide au césium *Philips* 3.512 et un couple au sélénium *LMT* 3.002. Quelques mots vont rappeler les expériences qui ont servi à justifier les conditions d'emploi réalisées par la suite [6]. Chaque cellule a été introduite successivement dans l'un et l'autre des montages suivants :

a) MÉTHODE DE ZÉRO : dans ce cas, la seule qualité exigée du récepteur est d'être fidèle pendant une série de mesures : cette fidélité peut d'ailleurs être aisément contrôlée. Le schéma réalisé est représenté par la figure 8a. Pour une valeur moyenne des flux à mesurer on règle le potentiomètre *P* de façon que le galvanomètre *G* soit au zéro. Pour une valeur différente du flux, le galvanomètre dévie ; on le ramène au zéro en déplaçant le récepteur par rapport à la source : la variation relative du flux lumineux est alors calculée par la loi du carré des distances.

b) MÉTHODE DE LA DÉVIATION CONTRÔLÉE : Ici le montage (fig. 8 b) est simplifié. Les variations de flux sont évaluées directement par les déviations du galvanomètre. Ces mesures nécessitent un étalonnage préalable de l'ensemble récepteur-galvanomètre. Les causes d'erreurs sont

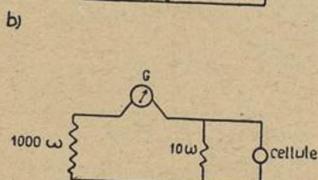
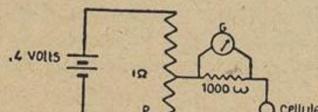


Fig. 8

en effet : non-linéarité de la courbe de réponse du récepteur (2 %), non-proportionnalité des déviations du galvanomètre au courant (8 %), correction de tangente sur l'échelle (2,5 %) (valeurs relatives à notre appareillage).

L'étalonnage a été réalisé en faisant varier le flux lumineux soit par la loi des distances, soit par diaphragmes. Ces divers essais ont donné des mesures cohérentes à 1 % près pour des flux lumineux variant de 1 à 15. Le couple au sélénium avec galvanomètre étalonné a été finalement adopté pour deux raisons : le montage est rigoureusement fixe (ce qui sera d'ailleurs indispensable par la suite) et les mesures sont très rapides.

La résistance de charge du couple doit être très faible (de 0,1 à 10 ohms, suivant la sensibilité désirée). Les flux lumineux ne doivent pas être trop intenses (les éclairages ont toujours été inférieurs à 300 lux et la courbe

de réponse du couple est linéaire à 2 % près jusque vers 500 lux).

Dans la dernière étude, le couple reçoit un flux intermittent. Ce n'est pas exactement la loi de *TALBOT* qui intervient. En effet, le couple doit donner des indications proportionnelles à la valeur instantanée du flux, mais il n'est pas nécessaire que le coefficient de proportionnalité soit égal au facteur de transmission du disque tournant. En résumé, il n'est pas nécessaire que le couple suive la loi de *TALBOT*, mais s'il la suit, il conviendra parfaitement. Il existe fort peu de renseignements à ce sujet. Les résultats obtenus semblent prouver que le couple au sélénium remplit la première condition, tout au moins dans le domaine d'utilisation précisé ci-dessus.

### § 4. — VARIATIONS DU FLUX LUMINEUX EN FONCTION DES VARIATIONS DE TENSION ET DE FREQUENCE.

Pour chaque mesure, la tension alternative est ajustée ainsi qu'il a été dit plus haut, et mesurée avec un voltmètre de précision (cadre mobile et redresseur). Les erreurs possibles sont de 1 % en valeur absolue et les lectures sont faites à 1/20 de volt près.

La valeur de la fréquence est déduite de la vitesse de la commutatrice (3.000 tours-minute pour 50 périodes). Elle est connue à 1 % près en valeur absolue et les lectures sont faites à 2 t/m près.

Les erreurs relatives sur les variations de tension ou de fréquence sont donc du même ordre de grandeur : environ 1 %. Une valeur déterminée de l'une ou de l'autre de ces variables peut être maintenue constante à 1/2.000 près.

Les résultats obtenus sont traduits par les courbes de la fig. 9. Pour faciliter leur comparaison, on a donné la même valeur arbitraire 100 au flux lumineux correspondant à la tension 110 volts et à la fréquence 50.

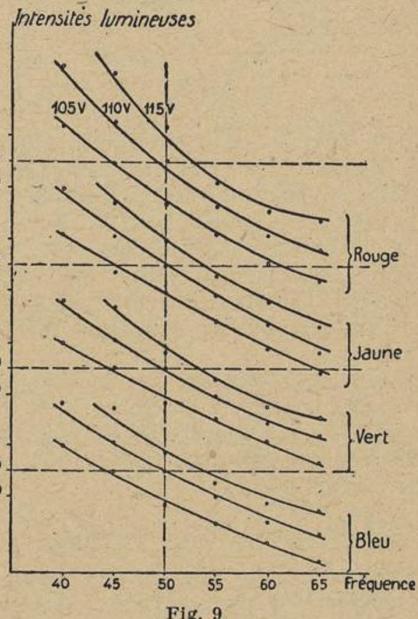


Fig. 9

Il est commode de définir deux coefficients  $K_v$  et  $K_n$  comme représentant respectivement les sensibilités du flux lumineux vis-à-vis des variations de tension et des variations de fréquence :

$$K_v = \frac{d\Phi}{\Phi} : \frac{dV}{V} \quad K_n = \frac{d\Phi}{\Phi} : \frac{dN}{N}$$

Ces valeurs, caractéristiques géométriques des courbes tracées, dépendent évidemment du point considéré. Les

valeurs consignées dans le tableau III sont relatives à 110 volts et 50 périodes. Elles ont été calculées à partir des courbes et non à partir des points eux-mêmes, ce qui permet d'éliminer dans une certaine mesure des écarts accidentels. On a reporté dans le même tableau les valeurs de  $K_v$  mesurées par la méthode de zéro. On voit que l'accord est satisfaisant. Les mesures ont été faites soit pour le flux total complexe, soit pour les raies bleue, verte et jaunes, soit pour le fond continu rouge.

TABLEAU III

Rayonnement	Bleu	Vert	Jaune	Rouge	Total
$K_v$ (zéro).....	2,30	2,30	2,75	3,44	2,40
$K_v$ (déviation)....	2,31	2,31	2,76	3,45	2,35
$K_n$ (déviation)....	1,29	1,29	1,55	1,84	1,40
$K_v/K_n$ .....	1,79	1,79	1,78	1,87	1,72

Ces quelques résultats permettent déjà de voir avec quel soin il faudra régler tension et fréquence suivant la précision désirée dans les résultats définitifs, et la marge d'erreur ne pas dépasser.

Il était intéressant de compléter cette étude sommaire des lampes à décharge type HP 300 par l'étude du fonctionnement même de la lampe :

émission lumineuse instantanée,  
tension instantanée aux bornes,  
courant instantané,  
enfin théorie de la décharge.

Ces questions ont déjà fait l'objet de publications nombreuses et détaillées, en particulier de ELENBAAS [16] aux laboratoires Philips à Eindhoven, principalement en ce qui concerne : la température [16 a], la pression [16 b] et le régime électrique [14].

#### § 5. — VARIATIONS DU FLUX LUMINEUX ET DE LA TENSION EN FONCTION DU TEMPS.

Pour étudier dans le détail l'émission lumineuse de la lampe, ce phénomène étant périodique, il suffit d'étudier les variations du flux au cours d'une période. Dans ce qui suit, la « période » ( $T$ ) représentera la période du courant d'alimentation. Diverses méthodes ont été utilisées.

##### A. — MÉTHODE DE L'OSCILLOGRAPHIE CATHODIQUE.

Le flux est recueilli sur une cellule ou sur un couple photoélectrique (l'inertie des couples est assez faible pour suivre correctement une modulation dont la fréquence est inférieure à 500 environ) [6]. La cellule et le couple décrits ci-dessus ont été essayés dans des conditions convenables et l'identité des courbes obtenues justifie leur utilisation.

Le flux lumineux variant périodiquement, il est possible de stabiliser la courbe sur l'écran en synchronisant le balayage de l'oscillographe avec la tension. La courbe

plexue, bleue, verte et rouge. Dans tous les cas l'aspect est le même, les intensités étant évidemment différentes. Au cas où il existerait un flux continu pour ces diverses radiations on ne peut malheureusement en mesurer l'importance relative par rapport à la portion périodique du flux.

La courbe donnant la tension en fonction du temps présente l'aspect discontinu caractéristique des décharges dans les tubes à gaz [49]. Si l'on relève sur un même graphique les courbes relatives à diverses fréquences, en ayant soin de ramener leur maximum à une même valeur arbitraire 100, on obtient le réseau de la figure 10.

Dans les mêmes axes la courbe représentant les variations de l'intensité du courant en fonction du temps montre nettement que le courant met un certain temps avant d'atteindre une valeur notable.

Il serait intéressant de connaître le déphasage entre le flux lumineux et la tension. L'oscillographe cathodique ne permet pas de faire cette mesure car l'amplification du courant du couple introduit un déphasage inconnu (dépendant d'ailleurs de la fréquence) et d'autre part la tension engendrée par le couple est insuffisante pour attaquer directement les plaques déflectrices. Seule l'étude strobophotométrique pourra fournir les renseignements désirés.

##### B. — MÉTHODE STROBOPHOTOMÉTRIQUE.

a) *dispositif* : un disque stroboscopique est monté sur l'arbre d'un moteur synchrone alimenté par la commutatrice. Ce moteur tourne à 1.500 tours/minute lorsque la fréquence est 50, c'est-à-dire qu'il a fait un tour complet pour deux périodes. Le disque est muni de quatre fenêtres limitées chacune par deux rayons et deux arcs de cercle : ce sont sensiblement des carrés de 4 mm de côté (fig. 11).

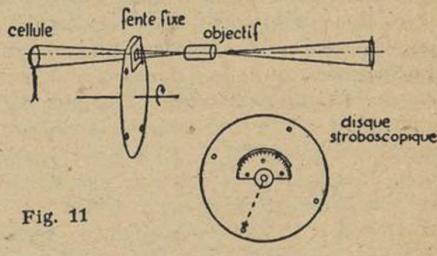
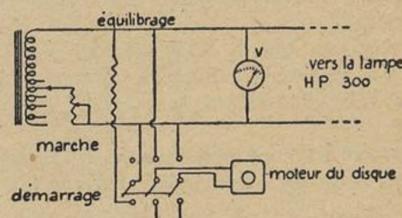


Fig. 11



L'intervalle de temps qui s'écoule entre le passage de deux fenêtres consécutives correspond à  $T/2$ , c'est-à-dire à une période complète du flux lumineux.

En outre, ce disque peut se déplacer par rapport à un moyen solidaire de l'arbre du moteur. Ce moyen porte un index dont les déplacements devant un rapporteur fixé au disque permettent de mesurer le déphasage introduit entre la tension et le passage des fenêtres.

Le courant de démarrage du moteur synchrone étant assez intense (5 ampères) il en résulte une baisse de tension considérable aux bornes de la commutatrice, ce qui provoquerait l'extinction de la lampe. Pour éviter cet inconvénient, on lance le moteur sur le secteur, et, une fois accroché on le branche sur la commutatrice en supprimant simultanément une résistance d'équilibrage. De cette façon, le régime de la lampe n'est pas modifié au

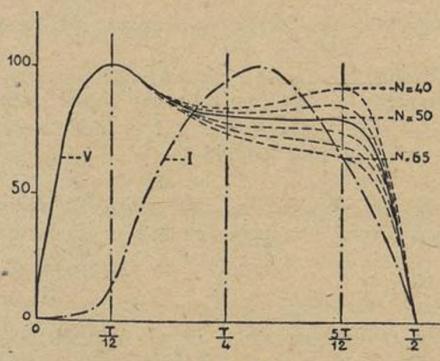


Fig. 10

obtenue semble très voisine d'une sinusoïde, mais la méthode ne permet pas de déceler l'existence d'un flux lumineux permanent. La courbe a été tracée en lumière com-

cours des mesures et on peut obtenir une grande stabilité.

On forme de la partie rectiligne de la source lumineuse une petite image sur une fente de 2 mm de large située très près du disque tournant. Le couple est placé en arrière à une distance suffisante pour être complètement couvert par le flux lumineux qui a traversé le dispositif. Sous les réserves faites plus haut quant au fonctionnement de l'ensemble couple-galvanomètre dans de telles conditions, on voit qu'il sera possible de mesurer ainsi en valeur relative le flux lumineux émis par la lampe à chaque instant.

Le rapporteur est gradué en millièmes et les pointés sont faits de 50 en 50. Une courbe a été tracée (en lumière complexe) avec des pointés de 20 en 20 : on voit sur sa reproduction (fig. 12) que les points au nombre de 80 se placent très régulièrement. La possibilité de superposer

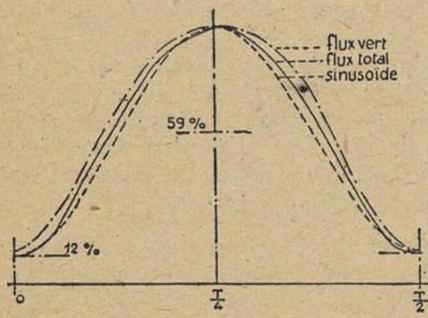


Fig. 12

parfaitement cette courbe avec celle obtenue à l'oscillographe prouve que l'ensemble couple-galvanomètre se comporte comme souhaité et justifie son emploi dans ces conditions. En particulier, l'influence de la largeur de la fente est négligeable.

b) mesures : Les diverses courbes obtenues par ce procédé se rapportent soit au flux lumineux complexe, soit aux flux monochromatiques vert ou bleu. Aux variations d'intensité près, elles présentent le même aspect. Afin de les comparer plus commodément on a donné aux maxima la valeur arbitraire 100. Une sinusoïde est tracée sur la même figure à titre d'indication. Pour ces mesures la fréquence était 60.

On remarquera que le minimum du flux est environ de 1/10 du maximum. La valeur moyenne déduite du calcul de l'aire limitée par la courbe vaut 58,5 % du maximum.

Pour étudier les valeurs instantanées de la tension, on a réalisé un montage électrique analogue au montage optique.

Un mince fil de nichrome ( $d = 0,5$  mm) est solidaire du disque stroboscopique et fixé à sa périphérie suivant un rayon. Un fil identique est fixé par l'intermédiaire d'un support isolant au bâti de l'ensemble. Un réglage convenable de la longueur (6 mm) et de la courbure de chacun d'eux permet de réaliser un contact intermittent dont la durée est environ de  $T/100$ . Le contact se fait à l'instant de la coïncidence des fenêtres fixe et mobile. On arrive par tâtonnements à supprimer presque totalement les vibrations. La constance du contact est vérifiée par la stabilité des déviations du galvanomètre (oscillations maxima : plus ou moins 1 %).

Des essais ont été faits avec des fils d'acier qui donnaient une stabilité encore meilleure à cause de leur plus grande élasticité, malheureusement leur oxydation rapide limitait leur emploi à des durées très faibles, de l'ordre de quelques minutes. Cet interrupteur est monté en circuit comme l'indique la figure 13.

On remarquera que le contact se trouve établi une fois par tour, c'est-à-dire à des intervalles de temps égaux à  $2T$ , ce qui n'est pas gênant. Par contre, d'après sa constitu-

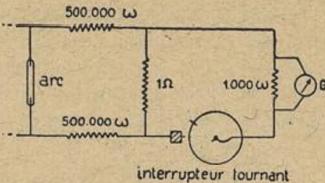


Fig. 13

tion, le moteur synchrone peut s'accrocher de quatre manières différentes présentant entre elles des déphasages de  $T/2$ .

Suivant l'accrochage du moteur la valeur de la tension mesurée se trouve être positive ou négative : on a vérifié pour chaque mesure que les deux déviations trouvées ont effectivement même valeur absolue à 1 % près. On peut donc, par des décalages du disque n'excédant pas un quart de tour obtenir n'importe quel point de la courbe  $V = f(t)$ . Celle-ci est tracée sur la fig. 14 et présente le même aspect que celle donnée par l'oscillographie. Les mesures ont été faites pour la fréquence 50, on retrouve bien le long palier de la figure 10.

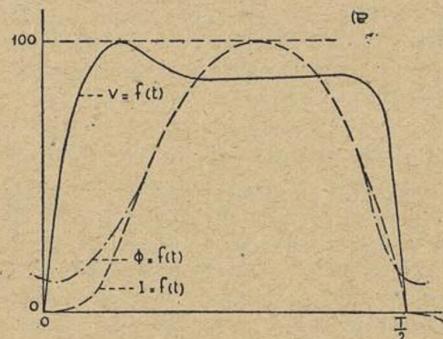


Fig. 14

La difficulté de réglage des contacts fait que les points se placent un peu moins bien que pour la courbe  $\Phi = f(t)$ . Ce mode de tracé est vraisemblablement moins précis que le relevé à l'oscillographie. Son seul but est de fournir un ordre de grandeur du déphasage entre le flux et la tension.

Le point où la tension est nulle est défini avec une grande précision  $\frac{1}{600} \times \frac{T}{2}$  vu la pente de la courbe en cet endroit.

Le minimum du flux lumineux est connu avec une incertitude un peu plus grande  $\frac{1}{300} \times \frac{T}{2}$ . On peut toutefois affirmer d'après ces courbes que le minimum du flux lumineux a lieu après l'annulation de la tension ; le retard a pour valeur approximative  $T/100$ , valeur connue à 20 % près.

#### INFLUENCE DE LA FRÉQUENCE SUR LA RÉPARTITION DU FLUX LUMINEUX AU COURS D'UNE DEMI-PÉRIODE.

Les mesures précédentes ont été reprises en ce qui concerne le flux lumineux complexe pour les fréquences 40, 50, 57,5 et 65. Pour comparer aisément les courbes correspondantes on a donné au maximum la valeur arbi-

traire 100, les minima ayant même abscisse pour chaque courbe (fig. 15).

On constate que les courbes ne sont pas symétriques et que le maximum est d'autant plus décalé dans le sens des retards que la fréquence est plus basse. La valeur relative du minimum semble croître avec la fréquence.

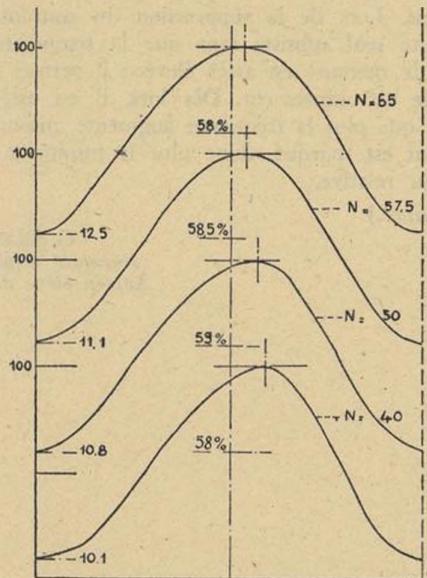


Fig. 15

L'intensité moyenne pour chaque courbe s'obtient par un calcul d'aires et se trouve être constante (58,5 %) malgré les déformations sensibles. Il résulte de ce fait que l'intensité moyenne d'une part et l'intensité maxima instantanée d'autre part, varient de la même façon en fonction de la fréquence : ce qui se trouve très bien vérifié par des mesures directes (tableau IV).

TABLEAU IV

N	Intensité totale	Intensité maxima	Intensité moyenne
40			58 %
50	72,5	47,5	59 %
57,5	57,5	37,5	58,5 %
65			58 %
Kn	1,38	1,39	

#### § 6. — INERTIE DE LA VAPEUR DE MERCURE.

Les résultats ci-dessous résumés montrent qu'il faut attribuer une certaine inertie à la vapeur de mercure.

a) retard du maximum du flux sur le zéro de la tension.

b) diminution absolue du flux total quand la fréquence croît.

c) augmentation relative du flux minimum quand la fréquence croît.

Une nouvelle méthode d'investigation a été mise au point pour vérifier l'existence de cette inertie et si possible la mesurer.

#### A. — DISPOSITIF.

Le principe de cette méthode consiste à supprimer la tension aux bornes de la lampe pendant une demi-période par période, pendant les alternances négatives de la tension, par exemple. De cette manière, il sera possible d'étudier la décroissance du flux lumineux pendant la demi-période où la tension est supprimée.

Le résultat cherché est obtenu en mettant en série avec la lampe l'intervalle filament-plaque d'une valve. L'intensité à redresser étant assez grande (presque 2 ampères),

et la chute de tension devant rester très faible, le choix se porte sur une valve à gaz genre *Tungar*. Cette valve est alimentée par un accumulateur de 4 volts dont le point milieu sert à connecter le circuit de la lampe.

#### B. — RÉSULTATS.

L'étude à l'oscillographe de la tension appliquée alors aux électrodes de la lampe montre que, pendant la demi-période de coupure, la tension n'est pas nulle (ionisation dans la valve à gaz, courant inverse important). Sa valeur reste heureusement inférieure à la tension d'amorçage et la lampe ne s'allume pas. La courbe relative à l'intensité du courant dans la lampe relevée sur le même graphique (fig. 16), montre bien que pendant la coupure le courant est rigoureusement nul.

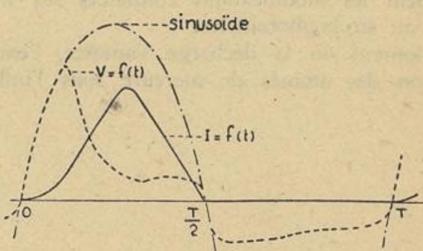


Fig. 16

D'autre part, le strobophotomètre permet de déterminer la variation du flux lumineux au cours d'une période. Cette courbe (fig. 17) relevée pour deux fréquences différentes (50 et 60) fait ressortir que dans ce cas l'inertie de la vapeur de mercure ne joue pas un rôle appréciable au cours de la décharge, et la courbe du flux reproduit assez fidèlement la courbe de l'intensité du courant. Toutefois au moment où celui-ci s'annule, la lampe

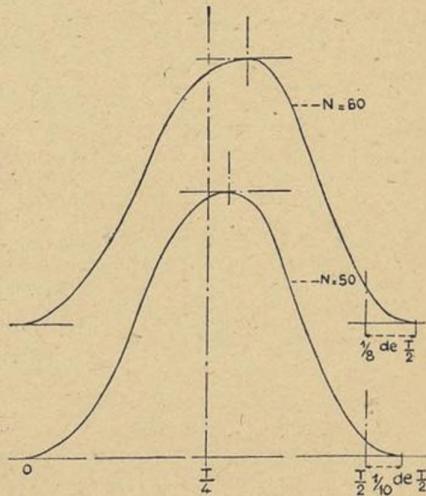


Fig. 17

n'est pas éteinte et la valeur du flux lumineux à cet instant est de 10 % environ du flux maximum. On trouve par exemple pour la fréquence 60 une durée d'extinction de 1/8 de  $T/2$  soit 1/960 de seconde; pour la fréquence 50, 1/10 de  $T/2$  soit 1/1000 de seconde.

#### § 6. — INTERPRETATION DES RESULTATS.

De ces recherches, deux faits essentiels sont à retenir :

a) le comportement respectif des diverses raies ou bandes spectrales vis-à-vis de la tension ou de la fréquence.

b) l'inertie notable de la vapeur de mercure au point de vue de l'émission du flux lumineux.

A) Quelques considérations théoriques mentionnées briè-

vement au début de cet article avaient fait prévoir les résultats que l'expérience a confirmés. Au point de vue des variations de flux lumineux des radiations monochromatiques et de la bande spectrale rouge isolées par des filtres précisés plus haut, on peut énoncer les deux lois suivantes :

*Pour des variations définies de tension ou de fréquence.*

1) *Deux raies issues du même niveau initial ont leur flux lumineux altéré de la même manière.*

2) *De deux raies issues de niveau initial différent, celle dont le niveau initial est le plus haut a son flux lumineux le plus altéré.*

B) L'inertie de la vapeur de mercure mesurée précédemment explique parfaitement qualitativement et quantitativement les modifications constatées sur les courbes relevées au strobophotomètre.

Au moment où la décharge s'amorce, l'excitation et l'ionisation des atomes de mercure sous l'influence du

champ électrique provoquent l'émission du flux lumineux. La température s'élève considérablement et à la première cause d'émission s'ajoute l'effet thermique. En effet, lorsque les électrons sont assez rapides et leurs chocs assez nombreux (par suite d'une élévation de température par exemple) l'énergie mise en jeu dans ces chocs peut être suffisante pour qu'il y ait émission de radiations. Lors de la suppression du courant cet effet thermique seul subsiste tant que la température de la vapeur de mercure est assez élevée : il permet donc d'en suivre le refroidissement. Dès lors, il est aisément de comprendre que plus la fréquence augmente, moins le refroidissement est marqué, donc plus le minimum est élevé en valeur relative.

(A suivre.)

G. BLET.

Normale Supérieure.  
Ancien élève de l'Ecole





