Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande

Band: 61 (1935)

Heft: 1

Artikel: Les nouvelles lampes à vapeur de mercure et leurs applications: propriétés physiques de la décharge électrique dans la vapeur de mercure

Autor: [s.n.]

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-46971

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: 14.07.2025

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

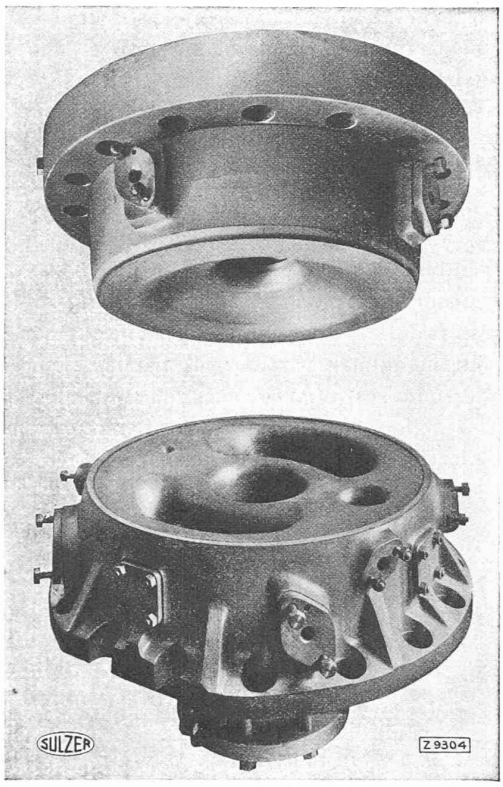

Fig. 7. — Culasses supérieure et inférieure.

Les chemises sont enfoncées de haut en bas dans les enveloppes des cylindres, de telle sorte qu'elles laissent au milieu un jeu de quelques millimètres pour la dilatation thermique. Le passage des segments de pistons d'une moitié de chemise à l'autre est assuré par la conformation ondulée du joint de séparation, ainsi que par le centrage exact des chemises supérieure et inférieure. L'huile nécessaire au graissage des cylindres est amenée goutte à goutte à huit points différents et convenablement répartis. Les culasses reposent directement sur les chemises. Les efforts des culasses sont transmis par une couronne de boulons disposés à l'extérieur. Tandis que la culasse supérieure est un corps de révolution parfaitement symétrique, avec un orifice unique pour la soupape à combustible, la culasse inférieure possède encore, outre l'ouverture centrale pour le passage de la tige de piston, des tubulures latérales pour les deux soupapes à combustible, les soupapes de sûreté et la soupape de démarrage (fig. 7). Toutes ces soupapes sont à axe vertical. Les soupapes à combustible débouchent dans deux cavités, dont la forme est adaptée au cône engendré par le combustible lors de l'injection.

Bien que le procédé de balayage à deux temps, employé depuis des années par la maison Sulzer Frères, soit généralement connu, il vaut néanmoins la peine d'examiner brièvement son application aux moteurs à double effet.

Chaque cylindre possède deux rangées de lumières de balayage avec soupapes de balayage. Les lumières de la rangée supérieure sont dirigées vers le haut, celles de la rangée inférieure, vers le bas, et elles balayent respectivement la chambre supérieure et la chambre inférieure de combustion. Vu en coupe horizontale, l'air de balayage entre en filets serrés dans le cylindre pour que la tige de piston ne puisse pas engendrer de résistance dans la partie inférieure du cylindre ; elle seconde, au contraire, le courant d'air de balayage dans son effort pour pénétrer sans être interrompu jusqu'aux recoins les plus profonds de la culasse. Les lumières d'échappement sont disposées en deux rangées à l'opposé des lumières d'entrée.

Le courant d'air de balayage pour la partie inférieure du cylindre est représenté, sur la figure 8, tel qu'il a été déterminé par les essais. Après son entrée dans le cylindre l'air forme un courant massif descendant qui ne se dirige du côté échappement qu'à proximité de la culasse, en passant à gauche et à droite de la tige de piston, d'où il remonte de nouveau. A son changement de direction, il balaye en même temps très efficacement les poches de combustion. *(A suivre).*

Les nouvelles lampes
à vapeur de mercure et leurs applications.

Propriétés physiques de la décharge électrique dans la vapeur de mercure.

Au point de vue des applications techniques, en tant que source de rayonnement, la décharge électrique au sein de la vapeur de mercure revêt deux formes qui se distinguent déjà l'une de l'autre par leur simple aspect extérieur. En effet, à la forme allongée de la lampe à « *faible* » *pression* de vapeur utilisée, comme appareil d'éclairage, système Cooper-Hewitt par exemple, s'oppose la lampe à « *forte* » *pression*, de dimensions notablement plus petites et dont le principal

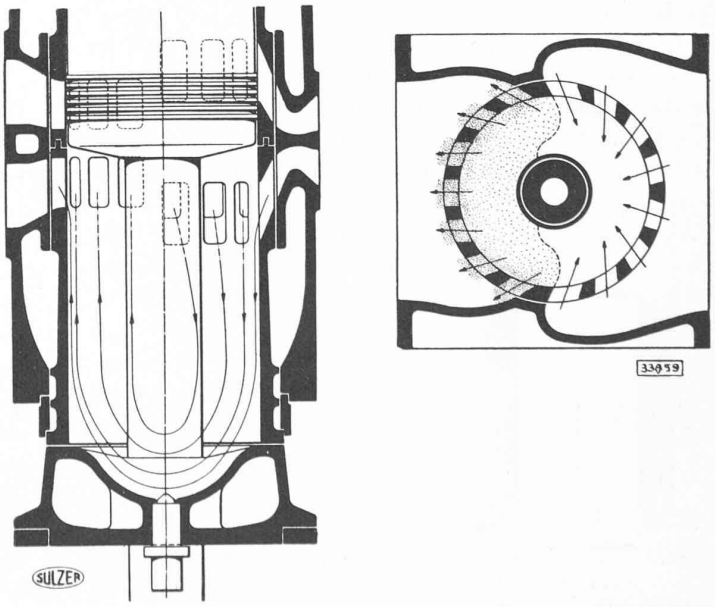

Fig. 8. — Balayage de la partie inférieure du cylindre.

représentant, jusqu'ici, a été la lampe en quartz destinée aux traitements médicaux.

C'est il y a environ 25 ans que la lampe à vapeur de mercure à « *forte* » pression fit son apparition dans la technique de l'éclairage, mais elle ne s'implanta pas, en raison des progrès rapides de la lampe à incandescence. A cette époque, les lampes à vapeur de mercure *à forte* pression qu'on voulait employer à l'éclairage étaient en quartz et, par suite, très chères ; de plus, elles étaient d'un service malcommode et fonctionnaient irrégulièrement. Il n'en était pas moins indubitable qu'un avenir intéressant leur serait assuré le jour où ces inconvénients seraient éliminés.

En physique, on distingue entre décharge électrique dans les gaz à faible pression et décharge dans les gaz à haute pression. Dans le premier cas, la pression, mesurée en mm de mercure, est de 0,01 à 10, au maximum, et, dans l'autre cas, elle varie depuis 100 mm jusqu'à la pression atmosphérique et même plus.

Une caractéristique importante de la décharge dans les gaz à « forte » pression est l'amincissement de la colonne lumineuse ; la décharge n'intéresse plus, comme dans le cas des « faibles » pressions, toute la section du tube, mais la colonne lumineuse se détache des parois pour former, dans l'axe du tube, un arc de haute brillance.

La cause de ce passage du « régime de luminescence » au « régime d'arc » est diversement interprétée ; pour Seeliger, elle serait une conséquence de l'inégale répartition des températures dans la section du tube [1]. Pour des raisons d'ordre thermodynamique, la température doit atteindre un maximum dans l'axe du tube ce qui, d'après les lois régissant les gaz, a pour conséquence qu'en cet endroit la densité est minimum. Et cette première conséquence en implique une seconde, savoir que, en vertu des règles de la diffusion des électrons en milieu gazeux, les électrons au voisinage de l'axe sont animés de vitesses relativement élevées qui les rend aptes à « exciter » les atomes de mercure, ce à quoi seraient inaptes les électrons se mouvant trop lentement de la région périphérique, moins chaude, et par conséquent, plus dense. La température de l'arc de décharge étant évaluée à quelques milliers de degrés centésimaux, la densité du gaz qu'elle traverse doit être extrêmement faible.

La tension de vapeur du mercure est déterminée par la température régnant dans le tube de décharge ou, plus précisément, par la température du point le plus froid de ce tube. La relation entre la température et la tension de vapeur est exactement connue, ensuite de nombreuses mesures (fig. 1).

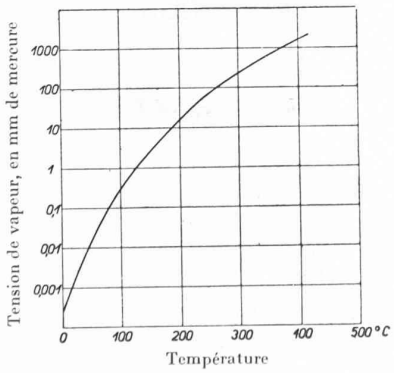

Fig. 1. — Tensions de vapeur du mercure.

Il découle de cette figure que les lampes à « forte » pression ont une température de 350° C, en nombre rond.

[1] R. Seeliger, « *Phy. Zeitschr.* » 33, 1932, page 318.

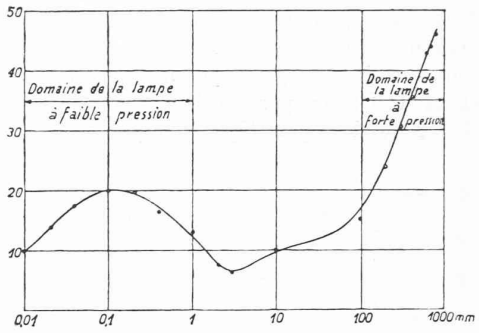

Fig. 2. — Efficacité lumineuse de la décharge électrique dans la vapeur de mercure, en fonction de la tension de vapeur, à intensité de courant constante.
Diamètre du tube : 27 mm. — Intensité de courant : 4 ampères.
L'efficacité lumineuse est rapportée à la *colonne positive.*

L'efficacité lumineuse est représentée par la courbe de la figure 2, en fonction de la température, à intensité de courant constante. Dans le domaine des basses pressions, l'efficacité lumineuse accuse un maximum important, de 20 lumens par watt, en nombre rond, pour environ 0,1 mm, puis elle fléchit, au fur et à mesure que la pression croît, passe par un minimum pour 3 mm de pression, mais se relève rapidement pour atteindre, dans le domaine des « hautes » pressions, 40 et 50 lumens par watt et davantage. C'est la découverte de ce relèvement de l'efficacité lumineuse lorsque la pression atteint quelques millimètres de mercure, qui, il y a une trentaine d'années, amena l'invention de la lampe à « forte » pression [1]. Les lampes à « faible » pression fonctionnent dans la région du premier maximum ; les lampes à « forte » pression utilisent le relèvement, illimité, de l'efficacité lumineuse quand la pression dépasse 100 mm environ.

La tension de vapeur exerce aussi une grande influence sur la *brillance* de l'arc (fig. 3). Le rapport entre « faible » pression

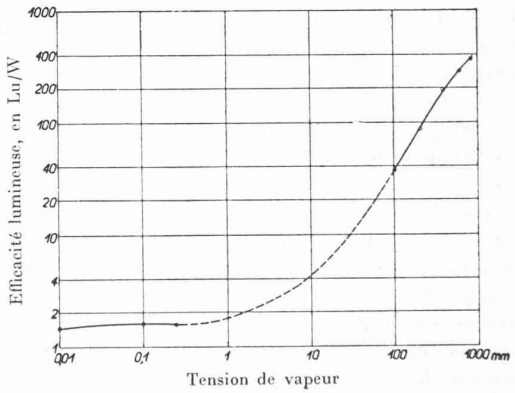

Fig. 3. — Brillance de la décharge électrique dans la vapeur de mercure, en fonction de la tension de vapeur, à intensité de courant constante. Arc en position horizontale.

et « forte » pression est, on le voit, à peu près comme 1,5 est à 300 stilbs.

L'accroissement de la brillance avec la pression de vapeur ne peut être imputé qu'en partie à l'amincissement du champ de la décharge et à l'amélioration de l'efficacité lumineuse.

[1] R. Küch et T. Retschinsky « *Ann. der Physik.* » 20, 1906, 563 ; 22, 1907, 852.

Car il faut aussi prendre en considération que le débit absorbé par unité de longueur de tube augmente, ce qui est une conséquence du fait que le *gradient de potentiel*, c'est-à-dire la chute de tension par cm de colonne dépend étroitement de la tension de vapeur (fig. 4). Le gradient de potentiel

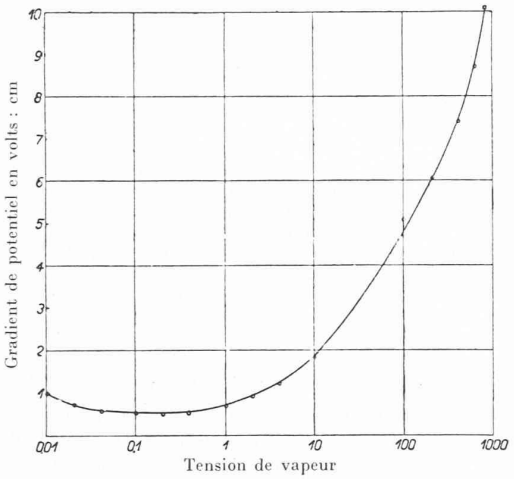

Fig. 4. — Gradient de potentiel dans la colonne de décharge, en fonction de la tension de vapeur et à intensité de courant constante.
Diamètre du tube : 27 mm. Intensité de courant : 4 ampères.

de la lampe à « forte » pression, qui peut être admis à 10 volts par centimètre, est environ vingt fois plus élevé que celui de la lampe à « basse » pression. Cette différence devient surtout apparente lorsqu'on compare les *intensités* lumineuses par centimètre de longueur du tube. En effet, pour la même intensité de courant (4 ampères), une lampe à « faible » pression fonctionnant au voisinage du maximum d'efficacité lumineuse émet un peu plus de 4 bougies Hefner par cm de tube, tandis qu'une lampe à « forte » pression en émet 180, en nombre rond.

La lampe à vapeur de mercure partage avec presque toutes les autres lampes à décharge dans les gaz (il n'y a que quelques rares exceptions à cette règle [1]) cette propriété que la caractéristique électrique est négative, autrement dit que le gradient de potentiel diminue quand l'intensité de courant croît, à tension de vapeur constante, comme l'atteste la figure 5.

La partie de la décharge qui, dans les lampes modernes, émet la plus grande fraction de la lumière est la *colonne positive* [2]. En revanche, les régions avoisinant les électrodes sont négligeables, pour ce qui nous concerne, car, depuis l'avènement des électrodes « chaudes », à oxyde, la puissance absorbée par ces régions est faible.

L'émission de lumière par les tubes luminescents est, on le sait, essentiellement composée de raies spectrales caractéristiques de l'atome des gaz mis en œuvre. Les atomes peuvent affecter différents états énergétiques et les atomes se trouvant à des états énergétiques supérieurs sont dits « excités » ; il y a plusieurs degrés d'excitation, jusqu'à l'ionisation. Une raie spectrale est émise quand l'atome « tombe » d'un état énergétique supérieur à un état inférieur.

Lorsqu'il s'agit des décharges dans les tubes à « faible » pression, ce sont les raies les plus facilement excitables de l'atome qui émettent de la lumière, c'est-à-dire les premiers

[1] H. Krefft, *Zeitschr. f. Physik*, 77, 1932, 752.
[2] B. M. Pirani, « *ETZ* », 53, 1932, 101.

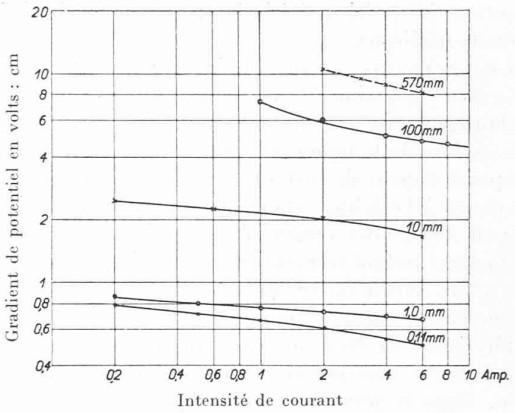

Fig. 5. — Gradient de potentiel de la décharge électrique dans la vapeur de mercure, en fonction de l'intensité de courant et pour différentes tensions de vapeur.
Diamètre du tube : 27 mm.

éléments des diverses « séries » de raies spectrales et, en tout premier lieu, la raie dite de « résonance » dont l'excitation nécessite la moindre dépense d'énergie. C'est pourquoi le spectre des décharges dans les gaz à « faible » pression ne comprend que quelques raies : l'exemple le plus important de ce type est la lampe à vapeur de sodium [1] dont la lumière est presque purement monochromatique. En raison de la facile excitabilité des raies principales, la décharge dans les gaz raréfiés ne comporte que des intensités de courant relativement faibles si l'efficacité lumineuse doit se maintenir au voisinage de son maximum. Dans ce genre de décharge, le degré d'excitation est donc faible.

Ce sont de tout autres conditions qui régissent la décharge dans les gaz à « forte » pression. Ici, nous sommes en présence

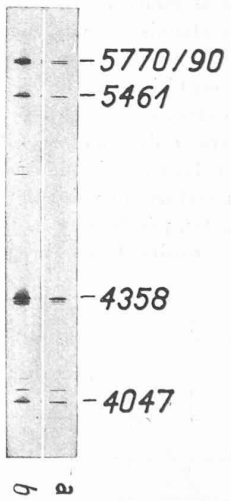

Fig. 6. — Partie visible du spectre de la décharge électrique dans la vapeur de mercure.
a) Faible pression.
b) Forte pression.

d'une excitation énergique, l'intensité de courant est grande et la concentration des ions et des atomes excités est élevée. L'excitation des raies du spectre est soumise à des règles tout

[1] H. Lingenfelser et M. Reger, « *Das Licht* », 3, 1933, 26, Osram-Lichtheft, p. 20.

à fait différentes car des atomes déjà excités peuvent l'être encore davantage. La conséquence en est que ce n'est plus seulement les raies principales qui sont émises, mais d'autres encore, appartenant aux éléments supérieurs des séries. La décharge dans les gaz à forte pression est donc caractérisée par sa richesse en lignes spectrales.

Le spectre de la décharge électrique dans la vapeur de mercure est essentiellement composé, dans la zone visible, de 4 fortes lignes (fig. 6 et tableau 1).

Tableau 1.

Spectre de la décharge électrique dans la vapeur de mercure, partie visible.

Longueur d'onde en *angstrœms*	Couleur	Sensibilité relative de l'œil [1]
5770-5790	jaune	88,9 %
5461	vert	98,4 %
4358	bleu	1,8 %
4047	violet	0,07 %

La différence entre « faible » et « forte » pression de vapeur n'est guère apparente sur le spectrogramme. Cependant, cette différence est très notable, comme l'atteste le tableau 2. [2] Sous les faibles pressions, la ligne bleue a la plus forte intensité, tandis que le doublet de lignes jaunes est passablement

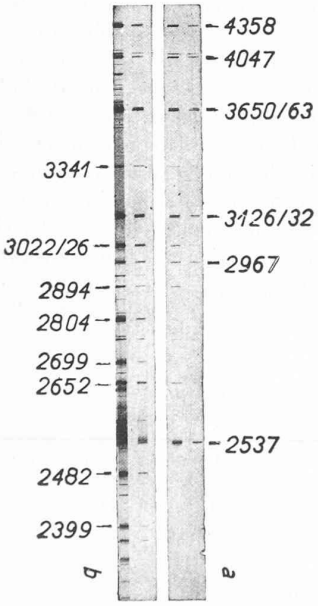

Fig. 7. — Partie ultra-violette du spectre de la décharge dans la vapeur de mercure.
a) Faible pression.
b) Forte pression.

affaibli. Aussi la lumière de la lampe à faible pression a-t-elle un aspect bleuté. Au contraire, sous les fortes pressions, c'est la ligne bleue qui s'affaiblit, alors que les lignes jaunes accusent la plus grande intensité, dans la partie visible du spectre. C'est pourquoi la lumière paraît blanchâtre quoiqu'elle soit très différente de la lumière naturelle parce qu'il n'y a pour ainsi dire pas d'émission dans le rouge.

[1] D'après D. J. Budd, « Bureau of Standards Journ ». Res. 6, 1931, 465.

[2] D'après H. Krefft et M. Pirani, « Zeitschr. f. Techn. Physik », 14, 1933, 393.

Tableau 2.

Comparaison de la partie visible des intensités spectrales de la décharge dans la vapeur de mercure à « forte » et à « faible » pression.

(L'intensité de la ligne 5461 a été prise, arbitrairement égale à 100.)

Longueur d'onde, en *angstrœms*	Faible pression $p = 0{,}01$ mm	Forte pression $p = 800$ mm
5770-90	34	123
5461	100	100
4358	106	77
4047	64	41

La plus grande partie de l'émission du mercure appartient au domaine de l'ultra-violet et c'est là encore qu'éclate la différence essentielle entre « faible » et « forte » pression. En effet, la figure 7 montre que la raie de « résonance », 2357, est de beaucoup la plus intense du spectre de la décharge à « faible » pression, tandis que dans le spectre à « forte » pression un grand nombre de nouvelles raies apparaissent. La différence fondamentale des spectres des deux formes de décharge ressort aussi très nettement de la comparaison des intensités spectrales consignées au tableau 3.

Tableau 3.

Comparaison des intensités spectrales, dans tout le spectre [1], *de la décharge électrique dans la vapeur de mercure à « faible » et à « forte » pression.*

(L'intensité du triplet 3650-63, en « forte » pression, a été arbitrairement posée égale à 100, les valeurs pour la « faible » pression correspondent à un rapport de 2,5 : 1 des efficacités lumineuses.)

Longueur d'onde, en *angstrœms*	Faible pression $p = 0{,}01$ mm	Forte pression $p = 800$ mm
2358	—	3,0
2378	—	5,3
2400	—	4,9
2464	—	2,1
2483	—	12,3
2537	317	15,7
2576	—	5,8
2603	—	2,8
2640	—	3,3
2652	—	24,4
2699	—	5,4
2753	—	3,9
2804	—	12,7
2894	—	6,2
2925	—	2,5
2967	5,9	16,2
3022-26	—	33,0
3126-32	25,6	63,2
3341	—	8,7
3650-63	24,4	100,0
3906	—	1,5
4047	27,3	26,5
4078	3,9	5,4
4358	45,3	49,5
4916	—	1,3
5461	42,7	64,2
5770-90	14,7	79,1
6907	—	2,0
10 140	25,6	37,1

Dans les nouvelles lampes à vapeur de mercure, la plus grande partie de ce spectre ultra-violet est interceptée par le verre du tube. *(A suivre).*

[1] Quelques raies dans l'ultra-rouge, entre 1 et 2 μ ont été négligées.