

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 88 (1962)
Heft: 23

Artikel: La décharge électrique dans les gaz raréfiés et son application à la publicité lumineuse
Autor: Oliveira Santos, José de
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-771854>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 05.05.2025

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

BULLETIN TECHNIQUE DE LA SUISSE ROMANDE

paraissant tous les 15 jours

ORGANE OFFICIEL

de la Société suisse des ingénieurs et des architectes
de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes (S.V.I.A.)
de la Section genevoise de la S.I.A.
de l'Association des anciens élèves de l'EPUL (Ecole polytechnique
de l'Université de Lausanne)
et des Groupes romands des anciens élèves de l'E.P.F. (Ecole
polytechnique fédérale de Zurich)

COMITÉ DE PATRONAGE

Président: J. Calame, ing. à Genève
Vice-président: E. d'Okolski, arch. à Lausanne
Secrétaire: S. Rieben, ing. à Genève
Membres:
Fribourg: H. Gicot, ing.; M. Waeber, arch.
Genève: G. Bovet, ing.; Cl. Grosgrain, arch.; E. Martin, arch.
J.-C. On, ing.
Neuchâtel: J. Béguin, arch.; R. Guye, ing.
Valais: G. de Kalbermaten, ing.; D. Burgener, arch.
Vaud: A. Chevalley, ing.; A. Gardel, ing.;
M. Renaud, ing.; J.-P. Vouga, arch.

CONSEIL D'ADMINISTRATION

de la Société anonyme du « Bulletin technique »
Président: D. Bonnard, ing.
Membres: Ed. Bourquin, ing.; G. Bovet, ing.; M. Bridel, J. Favre,
arch.; A. Robert, ing.; J.-P. Stucky, ing.
Adresse: Avenue de la Gare 10, Lausanne

RÉDACTION

Vacat
Rédaction et Editions de la S.A. du « Bulletin technique »
Tirés à part, renseignements
Avenue de Cour 27, Lausanne

ABONNEMENTS

1 an	Suisse	Fr. 28.—	Etranger	Fr. 32.—
Sociétaires	»	» 23.—	»	» 28.—
Prix du numéro	»	» 1.80		

Chèques postaux: « Bulletin technique de la Suisse romande »,
N° 11 57 73, Lausanne

Adresser toutes communications concernant abonnement, changements
d'adresse, expédition, etc., à: Imprimerie La Concorde, Terreaux 29,
Lausanne

ANNONCES

Tarif des annonces:
1/1 page Fr. 320.—
1/2 » » 165.—
1/4 » » 85.—
1/8 » » 42.50

Adresse: Annonces Suisses S.A.
Place Bel-Air 2. Tél. (021) 22 33 28. Lausanne et succursales



SOMMAIRE

La décharge électrique dans les gaz raréfiés et son application à la publicité lumineuse, par José de Oliveira Santos, ingénieur EPUL
Éclairage et rendu des couleurs, par M^{me} C. Roy-Pocheon, ingénieur et D^e h. c. EPUL
Les congrès. — Carnet des concours. — Documentation générale. — Nouveautés, informations diverses.

LA DÉCHARGE ÉLECTRIQUE DANS LES GAZ RARÉFIÉS ET SON APPLICATION A LA PUBLICITÉ LUMINEUSE¹

par JOSÉ DE OLIVEIRA SANTOS, ingénieur EPUL

Sommaire

L'électronique est la branche de la science et de la technique qui s'intéresse, en particulier, à l'étude de la conductibilité électrique dans les gaz et dans le vide. Un des chapitres les plus intéressants de l'électronique est celui qui concerne l'électroluminescence des gaz raréfiés.

Ce phénomène, dont la découverte remonte à deux siècles et demi, permet d'envisager un nouveau type de lampe électrique: le tube lumineux à cathode froide, qui fit naître l'industrie, relativement récente, des réclames lumineuses.

Mais, contrairement à ce qui se passe avec les autres lampes à décharge, les problèmes posés par la fabrication et l'installation des tubes à cathode froide destinés à la publicité n'ont que peu de place dans la presse technique spécialisée.

Le présent article a justement pour objet de contribuer à mieux faire connaître quelques-uns de ces problèmes.

I. L'ionisation des atomes gazeux

Un gaz devient conducteur d'électricité quand, par l'intermédiaire d'une cause extérieure, on parvient à rompre l'équilibre électrique des atomes qui le consti-

tuent. Normalement, par l'action des rayons cosmiques ou sous l'effet photo-électrique, chaque centimètre cube de gaz contient quelques électrons libres et, en conséquence, quelques atomes déséquilibrés, c'est-à-dire de charge positive, désignés par ions positifs.

En soumettant ce gaz à l'action d'un champ électrique, par l'application d'une d.d.p. continue aux bornes du tube qui le contient, les électrons libres se dirigent vers l'électrode positive — anode — et les ions positifs vers l'électrode négative — cathode; on établit ainsi un courant électrique dans la colonne de gaz.

Dans leur trajet, les électrons libres heurtent des atomes; la vitesse électronique (égale à 600 km/sec pour une d.d.p. de 1 V) varie dans le même sens que la tension aux bornes du tube (conclusion de Thomson); si celle-ci est basse, les électrons libres se déplacent lentement et, par conséquent, cette collision engendrera seulement une augmentation de l'énergie cinétique des atomes, excédent d'énergie qui se dissipe sous forme de chaleur (échauffement du tube).

Si la tension augmente, la collision d'un électron libre avec un atome pourra provoquer le déplacement d'un électron satellite, de son orbite vers une autre. Or ceci, suivant la théorie de Bohr, équivaut à une altération de l'énergie mécanique de l'atome. A la différence des deux états énergétiques correspond une radiation

¹ Cette étude est tirée du Recueil de travaux offert au professeur A. Stucky, en hommage de reconnaissance, sur l'initiative de l'Association amicale des anciens élèves de l'Ecole polytechnique de Lausanne, le 27 octobre 1962, l'année de son 70^e anniversaire.

monochromatique visible ou invisible, selon que la fréquence de ces radiations se situe ou non dans la zone comprise entre les ultraviolets et les infrarouges.

On dit alors que *l'atome est excité*.

L'augmentation de la tension continuant, les électrons acquièrent une vitesse chaque fois plus élevée, et, à un moment donné, leur choc avec un atome provoque l'expulsion d'un électron satellite vers l'extérieur, engendrant ainsi un ion positif et un nouvel électron ou ion négatif.

Le gaz se dit alors ionisé.

En raison de leur faible énergie cinétique, les ions positifs, dans leur trajet vers la cathode, finissent par se combiner avec un électron libre, se déplaçant dans le sens contraire, engendrant un nouvel atome; cette recombinaison est accompagnée d'une nouvelle radiation. A son tour, l'électron libéré par l'ionisation excite et ionise postérieurement un nouvel atome.

L'ensemble d'atomes et d'ions, positifs et négatifs, qui constituent un gaz ionisé, est désigné par *plasma*.

Comme on le comprendra facilement, la colonne de gaz est ainsi soumise à des excitations et des ionisations successives, desquelles résultent des radiations visibles et invisibles permanentes, les unes plus intenses que les autres; la *luminescence* du gaz est justement constituée par les radiations visibles prédominantes. Le spectre de la radiation par ionisation des gaz est discontinu, c'est-à-dire qu'il comprend seulement un nombre défini de radiations — *raies du spectre* — dont les longueurs d'onde sont nettement séparées les unes des autres.

II. Conditions de fonctionnement de la décharge

Caractéristiques électriques

1. Alimentation des tubes

Une fois que la tension nécessaire pour produire la luminescence du gaz, ou *tension explosive*, est de l'ordre des kV, l'alimentation des tubes en courant continu serait, évidemment, non seulement peu pratique mais encore excessivement coûteuse.

Pour ce motif, on alimente les tubes en courant alternatif en reliant leurs électrodes aux bornes secondaires d'un transformateur ayant des caractéristiques constructives et de fonctionnement spéciales.

Dans ce type d'alimentation, chaque électrode est alternativement (50 fois par seconde) cathode et anode, notre vue étant alors impressionnée par un phénomène lumineux d'apparence symétrique.

En comparant des décharges en courant continu et en courant alternatif (fig. 1), on constate que le tube présente dans le second cas une distribution lumineuse uniforme, ce qui n'arrive pas dans le premier cas.

2. Caractéristique tension-courant

Le procédé ionisant du gaz est, pour les raisons exposées, accumulatif, c'est-à-dire, une fois que la décharge s'initie, le courant augmente indéfiniment; il se produit alors aux environs de la cathode un *bombardement ionique* croissant et, parallèlement, une diminution de la d.d.p. entre les électrodes.

Deux conclusions importantes peuvent être tirées :

1. Une fois la décharge établie, la tension nécessaire pour la maintenir — *tension de fonctionnement* — est inférieure à la tension explosive.

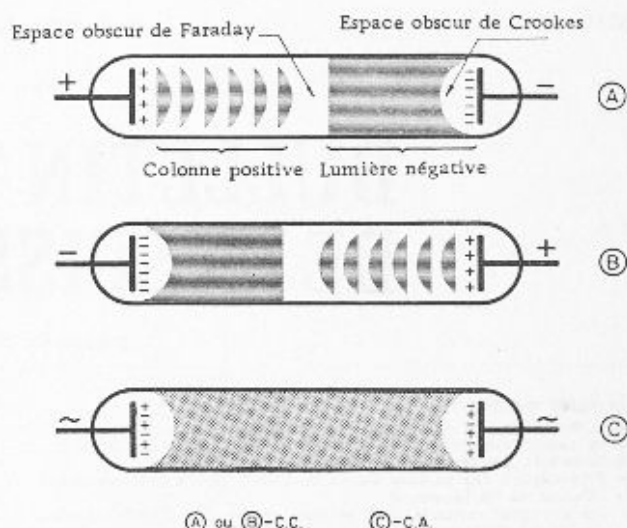


Fig. 1. — Aspects schématiques de la décharge.
Espace obscur de Faraday Espace obscur de Crookes
Colonne positive Lumière négative

2. La caractéristique en charge de ces tubes est *négative*, c'est-à-dire que la tension de fonctionnement diminue à mesure que le courant dans le tube augmente.

On peut donc dire que contrairement aux lampes à incandescence, dont la résistance est purement ohmique, les tubes à décharge ont une *résistance négative*. La décharge lumineuse est donc instable. Nous verrons au chapitre III comment on obtient sa stabilisation.

3. Courant de fonctionnement

C'est, par définition, le courant qui parcourt la colonne gazeuse en régime de décharge stabilisée.

Le *courant de fonctionnement* I excède rarement $1/10$ d'ampère puisque, malgré la valeur relativement élevée de la tension de fonctionnement, la consommation de courant des tubes luminescents est très faible: les valeurs courantes varient entre 10 à 60 mA, correspondant, respectivement, aux tubes de plus petit et de plus grand diamètre.

La luminescence des tubes sera d'autant plus intense que le courant établi dans la colonne de gaz ionisé sera plus fort.

Toutefois, comme ces tubes ne sont pas destinés à l'éclairage proprement dit mais plutôt à faire ressortir, en relief lumineux, un motif décoratif quelconque, et donner un minimum de lisibilité aux textes publicitaires, les valeurs du courant de fonctionnement utilisées dans la pratique sont non seulement fonction de la densité du courant imposée par le fabricant des électrodes, mais aussi du critère personnel de chaque fabricant de tubes.

Les valeurs que nous conseillons sont celles que nous détaillons ci-après :

TABLEAU I

Ø mm	10	12	15	18	22
I (mA)	10-15	15-20	20-25	25-40	40-60

4. Tension de fonctionnement

Parallèlement à la définition du courant de fonctionnement, on désigne par *tension de fonctionnement* V la d.d.p. aux bornes d'un tube en régime de décharge

stabilisée. Cette tension se compose de deux parties : tension dans la colonne lumineuse, ou *colonne positive*, et tension de la paire d'électrodes, également dénommée *tension cathodique* (ou chute cathodique).

En introduisant dans différents points du verre tubulaire une pointe métallique (fil de platine) qui sert de sonde électrique, on peut mesurer, au moyen d'un voltmètre électrostatique, la d.d.p. entre chacun de ces points et une des électrodes ; on détermine ainsi la variation de la tension de fonctionnement le long du tube (fig. 2).

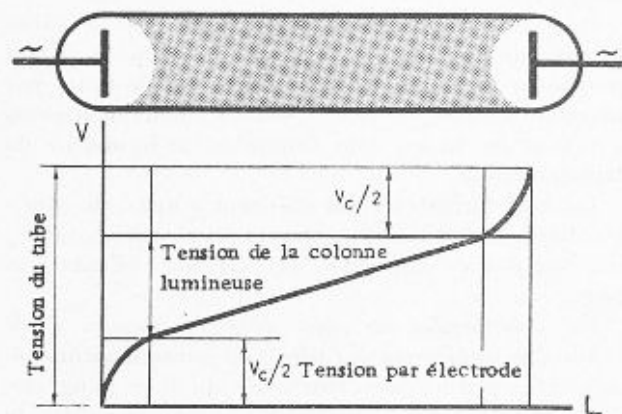


Fig. 2. — Variation de la tension le long d'un tube.

A. TENSION MÉTRIQUE

La courbe $V = f(L)$ nous montre que la tension dans la colonne positive est une fonction linéaire de sa longueur.

Le champ électrique, proportionnel en chaque point du plasma au coefficient angulaire de la dite courbe, est, par conséquent, constant, ce qui, du reste, se déduit facilement du procédé ionisant de la décharge.

Une fois que la dimension de l'espace obscur de Crookes est négligeable, on peut en première approximation considérer la longueur de la colonne positive égale à la distance l (mesurée en mètres) entre électrodes. Cela nous permet d'établir un paramètre fondamental dans le calcul d'une installation de tubes luminescents : la tension métrique V_m . Comme son nom l'indique, il s'agit de la tension par mètre de colonne gazeuse. Ce gradient de potentiel est fonction du diamètre du tube, de la nature du gaz, de la pression de remplissage et, évidemment, du courant de fonctionnement. Pour déterminer cette valeur, on a recours à un simple calcul analytique basé sur la proportionnalité à laquelle nous avons fait allusion ; ceci dit, V_0 étant la tension cathodique, nous aurons pour un tube de $l = 0,5$ m

$$V_1 = \frac{V_m}{2} + V_0 \quad (1)$$

De même, pour un tube de $l = 1$ m :

$$V_2 = V_m + V_0 \quad (2)$$

d'où :

$$V_m = 2(V_2 - V_1) \quad (3)$$

V_1 et V_2 étant les tensions de fonctionnement respectives.

Les pressions de remplissage les plus usuelles sont présentées au tableau suivant :

TABLÉAU II

Ø mm	Pressions (mm Hg)	
	Ne	Ne + Ar + Hg
10	11	10
12	9	8
15	8	7
18	7	6
22	7	6

Les expériences de laboratoire auxquelles nous avons procédé en utilisant des tubes de diamètres divers ont fourni des résultats expérimentaux (V_1 et V_2) et analytique (V_m), qui ont donné lieu aux groupes de courbes $V_m = f(I)$ relatives à deux types de remplissage (néon, et néon + argon + mercure) ; cependant, ces courbes n'ont pas été satisfaisantes, puisque leur tracé était très irrégulier. Ce fait résulte de l'impossibilité pratique de fabriquer deux tubes (un de 0,5 et l'autre de 1 mètre) de diamètre et gaz de remplissage identiques, dont les conditions de fonctionnement soient parfaitement égales ; en effet, la fabrication d'un tube luminescent passe par un si grand nombre de phases, la plupart de nature manuelle, que c'est seulement par pur hasard qu'on peut obtenir deux décharges absolument égales dans deux tubes, qui ne diffèrent entre eux que par leur longueur.

Dans le but d'obtenir des courbes de fonctionnement de tracé régulier, nous avons alors conçu, basés sur le principe de la sonde électrique, des tubes de 1 mètre, avec trois électrodes : deux terminales et une troisième placée au milieu du tube. Cet artifice nous a permis de réunir, en un seul tube, deux tubes, respectivement de 0,5 et 1 mètre, dans lesquels la décharge électroluminescente est pratiquement identique. Les courbes résultant de l'utilisation de tubes de trois électrodes présentent, comme on le constate dans la figure 3, un tracé régulier.

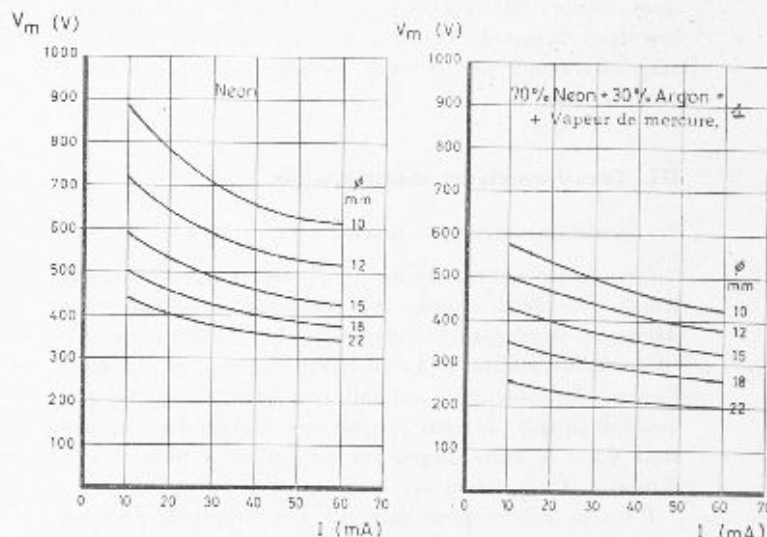


Fig. 3. — Variation de la tension métrique en fonction du courant et du diamètre du tube.

Mercure : 300 à 500 mg suivant la longueur du tube ;

B. TENSION CATHODIQUE

Les expériences auxquelles nous avons procédé nous ont permis de conclure que la tension cathodique ne varie pratiquement pas en fonction du courant de fonctionnement, dépendant uniquement des caracté-

ristiques de remplissage du tube : $170 \pm 10\%$ V pour les tubes au néon et $150 \pm 5\%$ V pour ceux au néon + argon + mercure.

Au contraire de ce qui arrive avec les lampes à incandescence et les lampes fluorescentes — *tubes lumineux à basse tension* — les électrodes des tubes luminescents — *tubes lumineux à haute tension* — n'ont pratiquement pas d'effet thermo-ionique ; ce qui se produit exactement c'est une émission secondaire d'électrons arrachés au métal des électrodes par le bombardement des ions gazeux.

Or, la tension cathodique, indépendamment des caractéristiques de remplissage, sera d'autant plus faible que la facilité des électrodes à céder des électrons sera plus grande. Néanmoins, il est nécessaire d'éviter que cette baisse de tension cathodique, désirable du point de vue de rendement électrique des tubes, ne soit le résultat d'une *pulvérisation progressive des électrodes* par le bombardement ionique, dont l'effet immédiat serait de diminuer la durée de vie des tubes. Ce problème peut être résolu en appliquant sur la surface interne des électrodes des substances riches en électrons. Ces substances, appelées *activantes*, permettent non seulement une intense émission secondaire et, en conséquence, une basse tension cathodique, mais également une longue durée de vie des électrodes.

Les électrodes fabriquées actuellement sont, en général, constituées par des cylindres creux de fer électrolytique pur, nickelés¹, revêtus intérieurement d'une pellicule de substance activée constituée par des sels mixtes de calcium, baryum et strontium ; une fois que les électrodes sont chauffées, ces sels se transforment en oxydes de grande capacité émissive. L'effet thermo-ionique de ces électrodes étant pratiquement nul, la température de celles-ci en fonctionnement sur des tubes luminescents est relativement basse (150°C), très inférieure à celle atteinte par les électrodes des lampes fluorescentes ($900-1200^\circ\text{C}$) ; c'est la raison pour laquelle ces deux types de tubes à décharge ont été désignés respectivement par *tubes à cathode froide* et *tubes à cathode chaude*.

III. Transformateurs d'alimentation

1. Conditionnement fonctionnel

Les tubes luminescents et fluorescents à cathode froide possèdent, comme d'ailleurs toutes les lampes à décharge, une caractéristique de fonctionnement instable. L'instabilité de la décharge dérive, comme nous l'avons déjà souligné, du fait que l'ionisation du gaz, une fois initiée, devient progressive, c'est-à-dire, le courant dans le tube augmente au fur et à mesure que diminue la tension à ses bornes.

C'est la raison pour laquelle ces tubes ne peuvent être alimentés par de vulgaires transformateurs de puissance, c'est-à-dire des transformateurs n'ayant pas de dispositif limitateur du *courant secondaire* I , car cette solution provoquerait un court-circuit dans l'enroulement HT. Les tubes seraient ainsi parcourus par des courants si intenses que la décharge deviendrait pratiquement un arc, ce qui provoquerait sa rapide destruction.

¹ Pour les protéger contre la corrosion due à un long stockage.

La caractéristique en charge de ces transformateurs traduite par une *tension secondaire* V presque constante quel que soit le régime de la charge, ne s'adapte donc pas à ce type spécial de récepteur. Pour stabiliser la décharge luminescente, il devient nécessaire, par conséquent, de concevoir des transformateurs monophasés, dont le *courant de court-circuit* I_{cc} soit à peine supérieur au courant de fonctionnement. Ces transformateurs, possédant une caractéristique en charge parfaitement adaptée à celle des tubes qu'ils alimentent, peuvent alors être mis en court-circuit sans aucun préjudice.

Pour obtenir une telle caractéristique, et éviter ainsi, à partir de l'ignition du tube, une surintensité, il faut provoquer automatiquement, au même instant, une importante chute de tension, entre les fonctionnements à vide et en charge, dans l'enroulement secondaire du transformateur.

Les transformateurs qui obéissent à une telle caractéristique de fonctionnement sont les *transformateurs à très fort flux de dispersion*, ou à *grande inductance de fuite*.

Les coordonnées du point de fonctionnement P de l'ensemble transformateur-tube sont naturellement conditionnées par les caractéristiques du tube (longueur, diamètre et gaz de remplissage), et par la valeur du courant de fonctionnement optimum du transformateur.

Le point de fonctionnement idéal, c'est-à-dire celui où le transformateur absorbe le maximum de puissance active, est celui qui correspond à un courant secondaire approximativement égal à 75% du courant de court-circuit. C'est justement en ce point que le transformateur réalise la meilleure combinaison des facteurs suivants : longueur de tube, luminosité du gaz et pertes (cuivre et fer).

Sans qu'il en résulte un échauffement prohibitif du transformateur, en pratique, pour augmenter son champ d'application (plus grande variété de diamètres et longueur de tube plus élevée à alimenter), on admet une zone de variation de I_s traduite par la relation :

$$\frac{I_s}{I_{cc}} = 65 \text{ à } 80\% \quad (4)$$

La tension à vide V_{s0} du transformateur est, au moins, égale à la tension nécessaire pour que la luminescence du gaz contenu dans le tube se produise.

En régime de charge nominale, la tension secondaire vaut approximativement, dans ce type de transformateur, 50 à 60% de la tension à vide.

Comme la tension de fonctionnement du tube est définie par :

$$V = I.V_m + V_c \quad (5)$$

nous aurons donc :

$$I.V_m + V_c = V_s = (50 \text{ à } 60\%) \cdot V_{s0} \quad (5')$$

La chute de tension secondaire sera alors de :

$$\Delta V_s = V_{s0} - V_s = V_{s0} \cdot \left(1 - \frac{V_s}{V_{s0}}\right) \quad (6)$$

$$\Delta V_s = (50 \text{ à } 40\%) \cdot V_{s0} \quad (6')$$

La figure 4 nous montre les caractéristiques en charge d'un tube et de son transformateur d'alimentation.

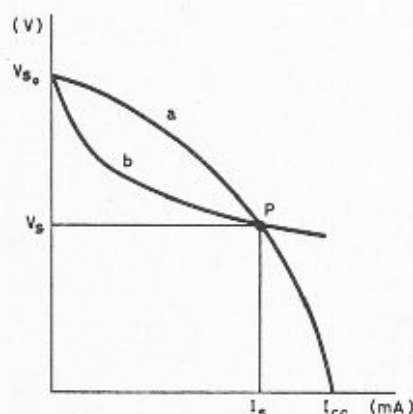


Fig. 4. — Caractéristiques en charge du transformateur (a) et du tube (b).

Le choix d'un point de fonctionnement P' correspondant à I_s très inférieur au minimum $I_s = 0,65 I_{cc}$ peut occasionnellement introduire une oscillation de haute fréquence dans l'onde de courant. Il en résulte divers inconvénients :

1. Luminescence intermittente (*flicker*).
2. Surchauffement du transformateur.
3. Radio-interférence de niveau acoustique élevé.

2. Caractéristiques constructives et modèles de fabrication

La chute de tension dans l'enroulement secondaire est assurée par une grande fuite du flux magnétique à travers l'air qui sépare les deux enroulements.

Cet écartement des enroulements agit alors comme une inductance pure, en série avec le transformateur, qui stabilise la décharge.

Pour augmenter l'effet inductif de la dispersion du flux, on place des *shunts*, constitués par des piles de tôles magnétiques, entre les deux enroulements et emboîtés dans les fenêtres du circuit magnétique (fig. 5).

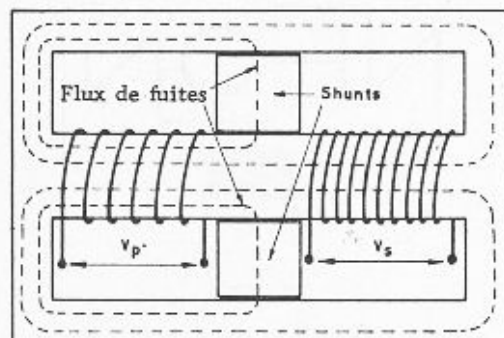


Fig. 5. — Schéma d'un transformateur à grande inductance de fuites.

Un « shunt » épais, avec un entrefer ménagé dans chaque fenêtre, est plus favorable qu'un « shunt » ayant peu de tôles, car les entrefers évitent le court-circuit des tôles du circuit magnétique principal et, par ce moyen, d'importantes pertes par courants de Foucault.

En outre, les « shunts » du second type atteignent la saturation et peuvent produire des taxes élevées d'harmoniques. L'ordre de grandeur de l'inductance de fuites est déterminé par les dimensions des entrefers.

La densité élevée du flux de dispersion soumet le « shunt » à un grand effort électrique et mécanique. Pour éviter une vibration bruyante des tôles, il est nécessaire de procéder à un vigoureux calage du

« shunt », ce qui constitue une opération extrêmement délicate.

On obtient un calage efficace en plongeant le transformateur dans une cuve pleine d'un puissant agglomérant (par exemple poix de goudron ou résine synthétique).

Cette solution présente l'avantage de fournir, en plus d'une grande rigidité mécanique des circuits magnétique et électrique, un isolement parfait du cuivre contre l'humidité. D'un autre côté, elle a l'inconvénient de gêner considérablement la réparation éventuelle du transformateur.

En conséquence, certains fabricants préfèrent sacrifier un peu de la rigidité mécanique et de l'isolement électrique à la possibilité d'une réparation future, utilisant, au lieu de la poix de goudron ou de la résine synthétique, un isolant liquide pâteux (vaseline spéciale).

Les transformateurs à grande inductance de fuites sont généralement construits pour des tensions à vide variant entre 2000 et 14 000 V ; leur courant de court-circuit excède rarement 100 mA, sauf quand ils alimentent des tubes fluorescents à moyenne tension ($\varnothing = 25$ mm ; $I = 150$ à 400 mA) utilisés dans la décoration lumineuse (corniches, vitrines, façades, etc.).

Pour des tensions à vide plus grandes que 7000 V, les normes respectives de sécurité imposent la mise à la terre du point milieu de l'enroulement secondaire. La tension primaire est de 110 ou 220 V, pour des installations reliées aux réseaux à courant alternatif ; plusieurs constructeurs fabriquent des transformateurs, dont les primaires peuvent être alimentés en 110 ou 220 V.

Pour faire face aux fluctuations de la tension de distribution, on peut construire des transformateurs dont l'enroulement primaire possède plusieurs prises intermédiaires (par exemple : 100/110/120 V ou 205/220/235 V). Dans le cas d'un réseau à courant continu de 220 V, on intercale une commutatrice monophasée entre le secteur et le primaire du transformateur ; comme le quotient des tensions alternative et continue de la commutatrice se situe pratiquement entre 0,64 et 0,68, la tension alternative qui alimente le transformateur est donc égale à 140-150 V. De nos jours, les transformateurs qui se construisent sont divisés en deux modèles : *shunt fixe* et *shunt réglable*.

Le modèle « shunt réglable » est le plus utilisé, en raison de son nombre infini de caractéristiques en charge, chacune d'elles correspondant à une position définie du « shunt », ce qui crée une vaste zone dans laquelle on peut placer à sa volonté le point de fonctionnement de l'ensemble transformateur-tube.

Un transformateur de ce modèle est le CIII du fabricant portugais ERL, dont les caractéristiques en charge $V_s = f_1(I_s)$, correspondant aux réglages limites du « shunt » magnétique, se trouvent, ainsi que les courbes de fonctionnement $I_p = f_2(I_s)$, $P_a = f_3(I_s)$ et $\cos \varphi_p = f_4(I_s)$, représentées dans la figure 6.

3. Projet-type d'une installation

Le projet d'une installation de tubes à cathode froide consiste fondamentalement à établir le nombre et à choisir le type des transformateurs nécessaires à l'alimentation d'une réclame lumineuse.

N'étant pas d'un intérêt particulier dans cette étude, nous ne nous occuperons pas du calcul des autres

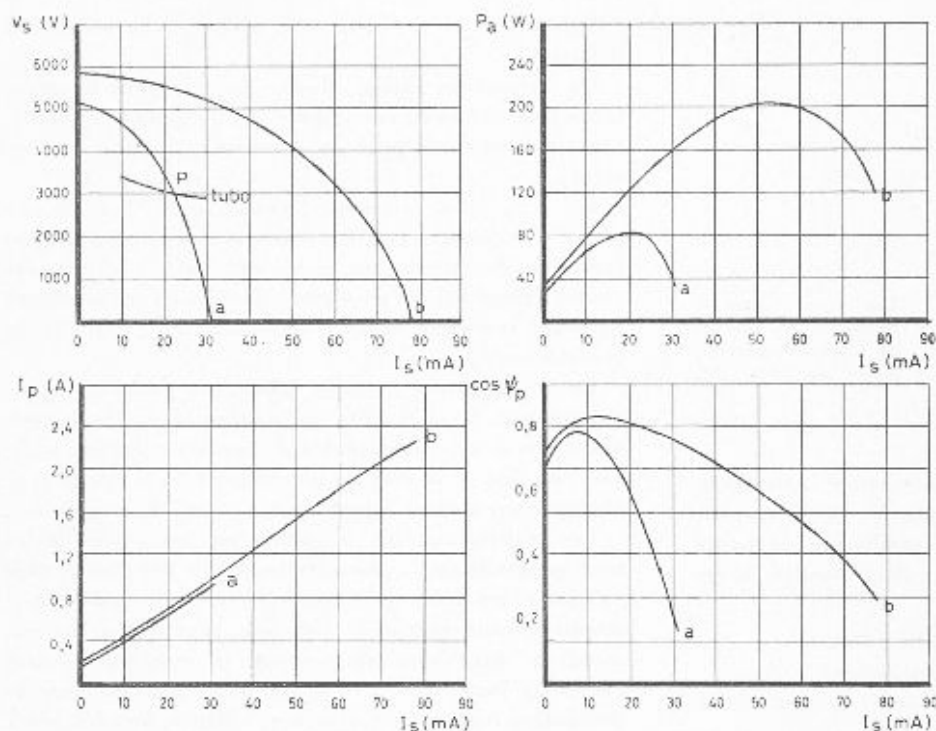


Fig. 6. — Courbes de fonctionnement du transformateur Erl CIII, correspondant aux réglages : « shunt maximum » (a) et « shunt minimum » (b).

Ces courbes ont été déterminées, expérimentalement, suivant le schéma de montage indiqué dans la figure 7.

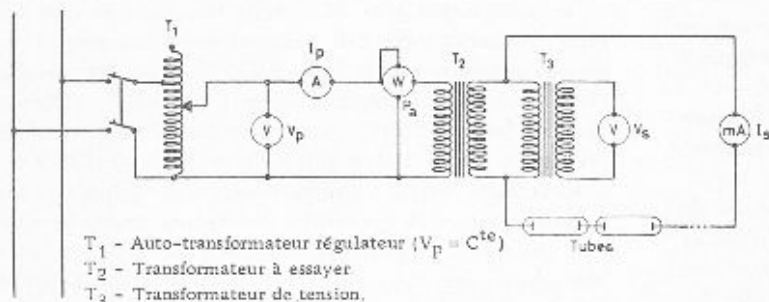


Fig. 7. — Schéma du montage pour les essais des transformateurs.

T_1 = Auto-transformateur régulateur ($V_p = C^{te}$).
 T_2 = Transformateur à essayer.
 T_3 = Transformateur de tension.

éléments de l'installation : sections des câbles BT et HT, calibre des protections, etc.

Nous considérerons, à titre d'exemple, la réclame « Néon », schématiquement représentée, par son diagramme de connexions, à la figure 8.

Le texte, dont les lettres ont 30 cm de hauteur, est formé par une longueur totale de 4,5 m de tube lumineux, rouge, de $\varnothing = 15$ mm.

Le courant de fonctionnement de ces tubes se situe entre 20 et 25 mA. Adoptons donc, pour un calcul approximatif des caractéristiques fonctionnelles du transformateur d'alimentation : $I = 23$ mA. Les tensions métriques et cathodiques correspondantes (fig. 3) sont :

$$V_m = 516 \text{ V}$$

$$V_c = 160 \text{ V}$$

L'installation étant constituée par quatre tubes, ou systèmes, en série, la tension totale de fonctionnement sera :

$$V = (4,5 \times 516) + (4 \times 160) = 2962 \text{ V.}$$

La caractéristique en charge du transformateur adéquat devra alors être définie par :

$$I_{cc} = \left[\frac{1}{0,8} \text{ à } \frac{1}{0,65} \right] \cdot I = 27,5 \text{ à } 34 \text{ mA.}$$

$$V_{so} = \left[\frac{1}{0,6} \text{ à } \frac{1}{0,5} \right] \cdot V = 4917 \text{ à } 5924 \text{ V.}$$

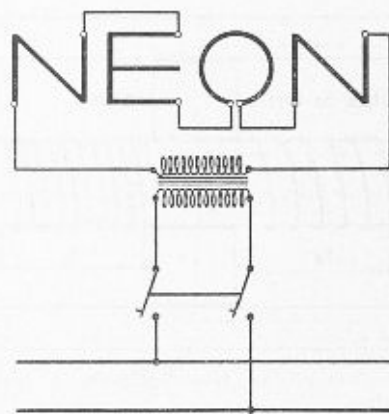


Fig. 8. — Diagramme de connexions d'une enseigne lumineuse électrique.

Le transformateur ERL CIII (fig. 6), avec le réglage « shunt maximum », répond parfaitement à ce conditionnement fonctionnel.

Les coordonnées du point de fonctionnement P de cet ensemble transformateur-tube sont :

$$I = I_s = 22 \text{ mA} ; V = V_s = 3000 \text{ V.}$$

A ce point, le transformateur consomme son maximum de puissance active, $P_a = 84 \text{ W}$, ce qui prouve la réussite de son choix.