

## 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>
<b>VOLUME TÉLÉCHARGÉ</b>	<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>
	<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 (1946)</a>
	<a href="#">N°99 (1946)</a>
	<a href="#">N°100 (1946)</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°73 (1943)</a>
Adresse	Paris : Conservatoire national des arts et métiers, 1943
Collation	1 vol. (p. [341-343]) : ill. ; 32 cm
Nombre de vues	12
Cote	CNAM-BIB P 1329-B (46)
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-B.46">https://cnum.cnam.fr/redir?P1329-B.46</a>

## **Note de présentation du ....**

---

...

P1329

8<sup>e</sup> Rue 10<sup>e</sup> (49)

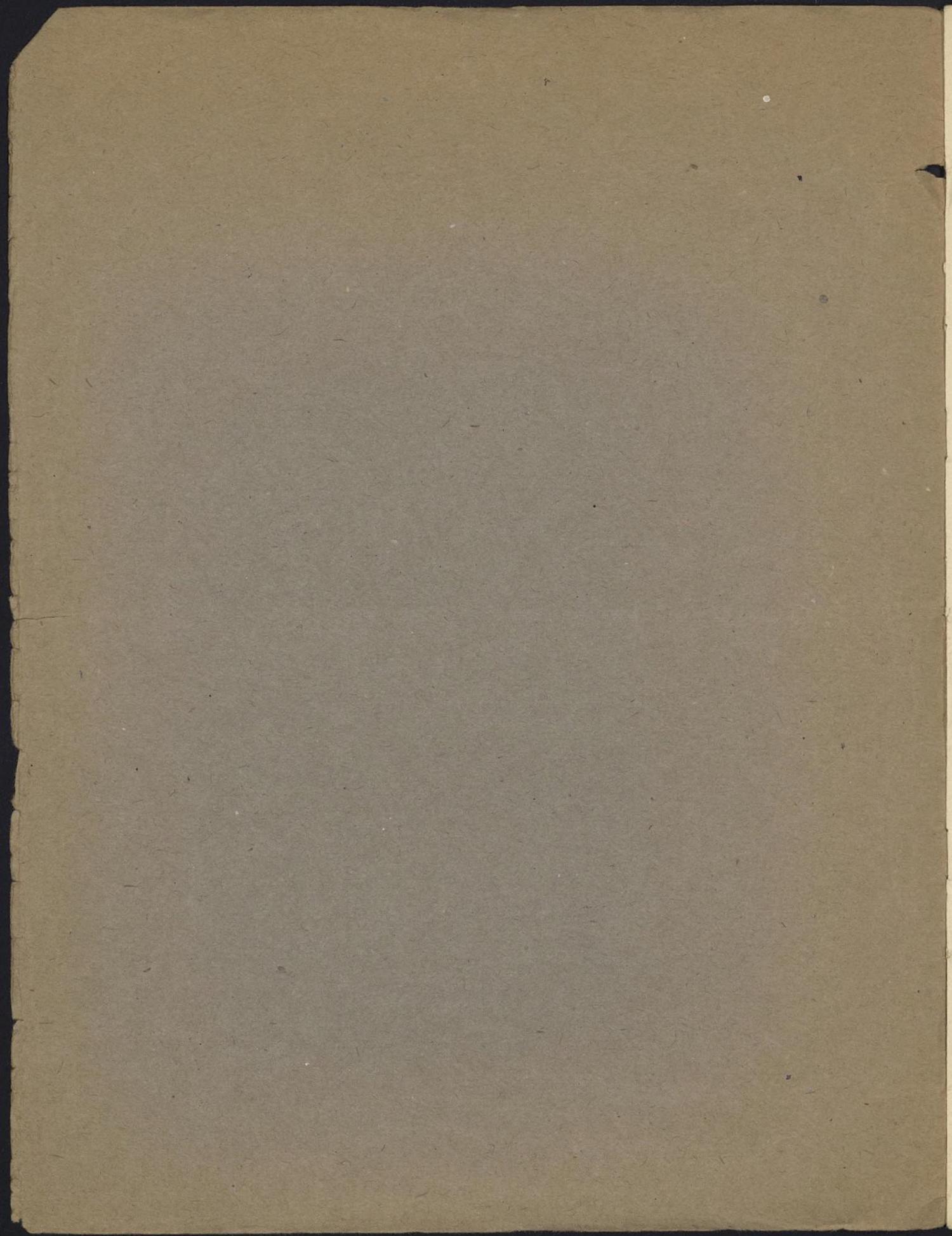
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
LABORATOIRE D'ESSAIS



SUR LA RÉALISATION  
DE FOYERS FINS  
DANS LES TUBES A RAYONS X  
par André Guinier

PUBLICATION N° 73

(Extrait de la Revue Scientifique  
Septembre 1943 - P. 341 à 343)



**SUR LA RÉALISATION DE FOYERS FINS DANS LES TUBES A RAYONS X**





## SUR LA RÉALISATION DE FOYERS FINS DANS LES TUBES À RAYONS X

Par ANDRÉ GUINIER et JEAN DEVAUX

DANS la plupart des applications des rayons X, il est avantageux d'utiliser une source quasi ponctuelle. En radiographie, par exemple, les ombres sont plus nettes et de fins détails apparaissent, même quand l'objet n'est pas au contact immédiat de la pellicule. En radiocristallographie, on enregistre les figures de diffraction produites par un fin pinceau de rayons parallèles qui rencontre un petit échantillon. Si la source est large, ce faisceau est défini par un collimateur formé par exemple de deux petits trous (de 4 à 6/10 de mm de diamètre, à 4 cm de distance). Ce collimateur découpe sur l'anticathode la surface d'où proviennent les rayons utiles. La partie du foyer extérieure à cette surface est non-seulement inutile mais encore nuisible. En effet, le refroidissement de la partie centrale est d'autant moins bon que la surface échauffée par les rayons cathodiques est plus grande. La brillance limite de la source de rayons X, imposée par la condition de ne pas fondre la surface de l'anticathode, peut donc être accrue par une diminution de la surface du foyer.

Il faut donc, dans un tube à rayons X, concentrer les électrons émis par le filament incandescent de la cathode sur une étroite surface de l'anticathode. Dans les tubes usuels en service, aussi bien tubes scellés que tubes démontables, le filament en forme de spirale ou de boudin est placé à l'intérieur d'une cupule dite « de concentration ». Cette cupule est reliée à la masse de la cathode et à une des extrémités du filament. Avec la cathode schématisée dans la figure 1, on obtient une tache focale de l'ordre de

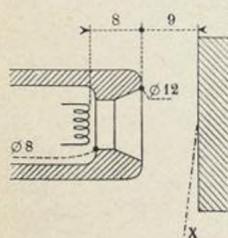


Fig. 1.

1 × 2 mm de côté; autour de la tache centrale, s'étend une auréole moins brillante. On constate que la grande longueur de la tache est dans la direction perpendiculaire à la grande dimension du filament. Un filament en forme de spirale plane donne une tache sensiblement plus étendue.

Il existe deux moyens de contrôler la forme du foyer. L'impact des électrons sur l'anticathode est marqué par une petite tache d'un gris brillant, qu'on aperçoit à travers la fenêtre des tubes en verre, ou après démontage des tubes métalliques. En fonctionnement, on contrôle le foyer en le photographiant à travers un très-petit trou percé dans une plaque de plomb; étant donné la faible inclinaison des rayons sur le plan

de l'anticathode, le foyer apparaît en raccourci et seule une dimension peut être mesurée avec précision.

Pour obtenir des foyers plus fins que ceux des tubes usuels, nous avons étudié trois dispositifs :

1. Nous avons essayé de réduire l'ouverture de la cupule de concentration et la taille du filament. La cathode était fixée au tube par l'intermédiaire d'un joint thermostatique

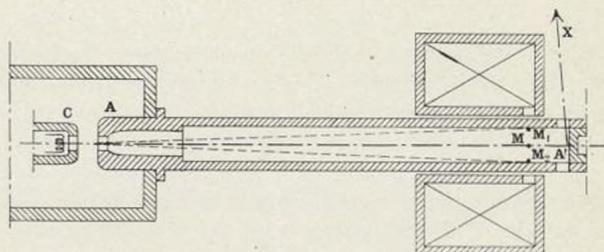


Fig. 2.

extensible de telle sorte que l'on pouvait, sans démonter le tube, faire varier la distance de la cathode à l'anticathode. Pour une cathode donnée, le diamètre de la tache focale varie avec cette distance et passe par un minimum, pour une valeur voisine de 3 mm. La tache est d'autant plus petite que le trou de la cupule est plus petit et que l'enfoncement du filament dans celle-ci est plus grand. Ainsi, nous avons réalisé une tache de 0,8 mm sur 1 mm avec une cupule munie d'un trou de 3 mm de diamètre et un filament de 3 mm de longueur enfonce de 4 mm. Mais ce dispositif fort simple a deux inconvénients. Le filament presque complètement entouré de la cupule est soumis à un champ électrique faible. Il n'est donc pas possible, même au prix d'une surchauffe du filament, de lui faire émettre plus de quelques milliampères. Plus la taille du foyer diminue, moins le courant émis est intense et on n'arrive pas à atteindre le maximum que pourrait supporter l'anticathode. D'autre part, la très courte distance entre cathode et anticathode ne permet pas de dépasser une tension de 25 à 30 kV sans précautions spéciales (très-bon vide, pièces polies, etc...). Cette tension de 30 kV est insuffisante dans la pratique. C'est pourquoi nous avons étudié l'adaptation sur les tubes à rayons X des deux types de lentilles électroniques, magnétique et électrostatique.

2. Le système de concentration des électrons par lentille magnétique est représenté dans la figure 2. Les électrons

issus d'une cathode ordinaire sont accélérés par le champ électrique entre C et A. Mais au lieu d'une anticathode pleine, on dispose un diaphragme au bout d'un tube dont les parois sont refroidies par un courant d'eau. Axée sur ce tube, on place une bobine entourée d'une carcasse d'acier ne présentant qu'une courte interruption à l'intérieur : le champ est donc localisé entre ces deux pôles. Cette lentille magnétique forme de l'objet (section du faisceau au point A) une image réduite sur la nouvelle anticathode A'.

La réduction est égale au rapport  $MA'/MA$ , c'est-à-dire approximativement  $f/l - f$ ,  $l$  étant la longueur du tube et  $f$  la distance focale de la lentille. Si l'on veut atteindre le rapport 5, avec un tube de 18 cm, il faut que la bobine magnétique ait une distance focale de 3 cm. Or celle-ci est donnée par la formule suivante :

$$(1) \quad f = 48,4 \frac{V \cdot d}{(ni)^2} \times 1,1,$$

$d$  cm étant le diamètre intérieur,  $ni$  le nombre d'ampères-tours et  $V$  (volts) la tension accélératrice des électrons. Pour n'avoir pas une bobine trop encombrante, nous avons choisi  $d = 2,8$  cm,  $n = 10,865$ . Pour  $V = 35$  kV et  $f = 3$  cm,  $i$  était de 110 mA, ce que la bobine supportait sans échauffement. Nous avons effectivement vérifié que la tache électronique sur l'anticathode A' diminuait de section quand on faisait passer

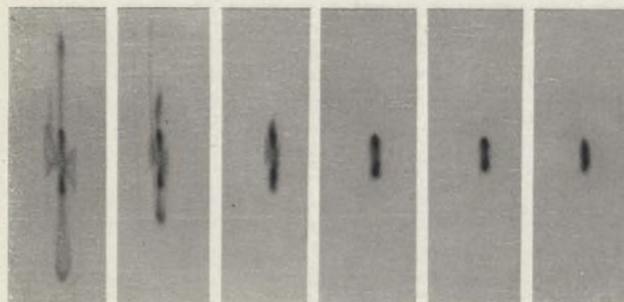
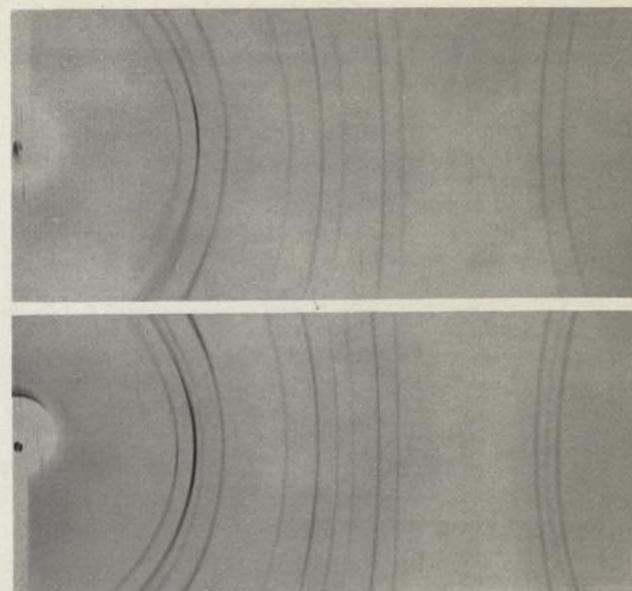


Fig. 4. — IMAGES DU FOYER POUR DIFFÉRENTES TENSIONS AUXILIAIRES.  
De gauche à droite : 0 V, 50 V, 100 V, 200 V, 300 V, 500 V (gr.  $\times 10$ ).

le courant dans la bobine et qu'il y avait une valeur optimum du courant vérifiant très-sensiblement la formule (1).

Cependant, ce dispositif a plusieurs inconvénients. Pour que l'image soit bonne, il faut que le centrage de la cathode par rapport à l'axe de la bobine soit réalisé avec précision. Parmi les électrons émis par le filament, la proportion de ceux qui atteignent l'anticathode est assez faible, étant donné la faible ouverture du faisceau utile  $M_1 A M_2$ . Pour que le rendement du tube soit bon, il faut que le filament soit très-resserré. Enfin, un grave inconvénient pratique est la présence de la bobine (d'une dimension extérieure de 10 cm) très-près du foyer. Beaucoup des appareils utilisés en radiocristallographie ne peuvent plus être placés près du tube; de ce fait, les temps de pose sont accrus.

3. Nous avons adopté finalement un dispositif de concentration électrostatique. C'est le cylindre de WEHNELT, qui est utilisé notamment dans tous les oscillographes cathodiques. L'adaptation sur un tube à rayons X est extrêmement simple. Au lieu de réunir électriquement la cupule de concentration au filament, on la porte à un potentiel auxiliaire négatif de quelques centaines de volts par rapport à celui du filament. Les électrons émis par le filament sont



En haut : Diagramme avec collimateur, sans tension auxiliaire sur la cupule.  
En bas : Diagramme sans collimateur, avec une tension auxiliaire de 500 V.

repoussés par la cupule et les rayons cathodiques sont concentrés sur l'axe de la cathode. La seule modification à effectuer est d'isoler les deux bornes de sortie du filament par rapport à la cathode, alors que, d'ordinaire, l'une d'elles seulement est isolée. La différence du potentiel est créée par le passage du courant du tube dans une résistance réglable. La figure 3 donne le schéma du montage électrique. Le curseur C permet de mettre en circuit un nombre variable de bobines de 10000 ohms. Pour un courant dans le tube de 5 mA, on peut ainsi produire avec 10 bobines une tension de 50 à 500 V. Le filament (5 spires de 1 mm de diamètre de fil de 3/10 mm) a une longueur de 3 mm et est enfoncé de 4 mm dans une cupule dont l'orifice a 6 mm de diamètre. La distance entre la partie frontale de la cathode et l'anticathode est de 6 mm. La figure 4 donne les aspects des photographies du foyer à travers un trou de 2/100 de mm de diamètre pour des tensions auxiliaires croissantes. Quand cette tension est nulle, la tache centrale est entourée d'une auréole de brillance plus faible. Cette auréole diminue, puis disparaît pour une tension suffisante. On arrive, avec une tension de 300 V, à obtenir un foyer de  $0,4 \times 0,8$  mm, qui apparaît, à cause de l'inclinaison de l'anticathode, sous forme d'une petite fente de  $0,4 \times 0,1$  mm. L'augmentation de la tension auxiliaire jusqu'à 500 V ne diminue plus beaucoup le foyer. Si on remplace le filament

de 3 mm de longueur par un filament plus long, le foyer a la forme d'un rectangle plus allongé.

Ce montage ne présente aucun des inconvénients signalés plus haut. L'émission du filament est suffisante avec un chauffage normal. Enfin, la modification intérieure du tube est aisée et d'autre part ses formes extérieures restent identiques : toutes les chambres de diffraction et spectrographes usuels peuvent être utilisés directement sans changement. Dans la figure 5 sont reproduits deux diagrammes du même échantillon d'aluminium pris dans les mêmes conditions : anticathode de cuivre, régime du tube : 5 mA sous 35 kV, temps de pose : 15 minutes. Pour le cliché *a*, la tension auxiliaire était nulle et on a employé un collimateur de 0,4 mm de diamètre. Pour le cliché *b*, le collimateur était supprimé et la tension auxiliaire était de 500 V. La différence des intensités des diagrammes est très-nette :

l'économie du temps de pose est de l'ordre de 60 %. Mais le foyer utilisé dans le cliché *a* est encore petit par rapport aux foyers de beaucoup de tubes actuellement en service. Par exemple, un diagramme analogue au cliché *a* a été pris avec un tube scellé à fenêtre de LINDEMANN, toutes choses égales d'ailleurs; seules les deux raies les plus fortes étaient visibles sur le cliché.

L'utilisation d'un tube à foyer fin permet donc d'obtenir des clichés au moins aussi intenses qu'avec un tube ordinaire et avec une consommation de courant bien plus faible. On peut ainsi, sans réduire les possibilités d'un poste de radiocristallographie, faire une grande économie sur le générateur électrique. Avec un tube à anticathode fixe, le débit maximum à prévoir est de 10 mA, c'est-à-dire la moitié du débit des générateurs utilisés couramment à l'heure actuelle.

(manuscrit reçu le 20 septembre 1943)



