

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).

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	https://www.sudoc.abes.fr/cbs//DB=2.1/SET=17/TTL=3/REL ?PPN=261820893&RELTYP=NT
Permalien	https://cnum.cnam.fr/redir?P1329-B_P1329-C
LISTE DES VOLUMES	
	N°25 (1936)
	N°26 (1937)
	N°27 (1937)
	N°28 (1937)
	N°29 (1938)
	N°30 (1939)
	N°31 (1936)
	N°32 (1938)
	N°33 (1938)
	N°34 (1938)
	N°35 (1938)
	N°36 (1938)
	N°37 (1938)
	N°38 (1938)
	N°39 (1938)
	N°40 (1939)
	N°41 (1939)
	N°42 (1939)
	N°43 (1939)
	N°44 (1939)
VOLUME TÉLÉCHARGÉ	N°45 (1938)
	N°46 (1940)
	N°47 (1940)
	N°48 (1940)
	N°49 (1940)
	N°50 (1940)
	N°51 (1941)
	N°52 (1941)
	N°53 (1941)
	N°54 (1941)
	N°55 (1942)
	N°56 (1942)
	N°57 (1942)
	N°59 (1942)

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

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

NOTICE DU VOLUME TÉLÉCHARGÉ	
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	N°45 (1938)
Adresse	Paris : Conservatoire national des arts et métiers, 1938
Collation	1 vol. (p. [418-426]) : ill. ; 25 cm
Nombre de vues	20
Cote	CNAM-BIB P 1329-B (21)
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	https://www.sudoc.fr/039014541
Permalien	https://cnum.cnam.fr/redir?P1329-B.21

Note de présentation du

...

P1329-B

8^e Rue. 107. (22)

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
LABORATOIRE D'ESSAIS

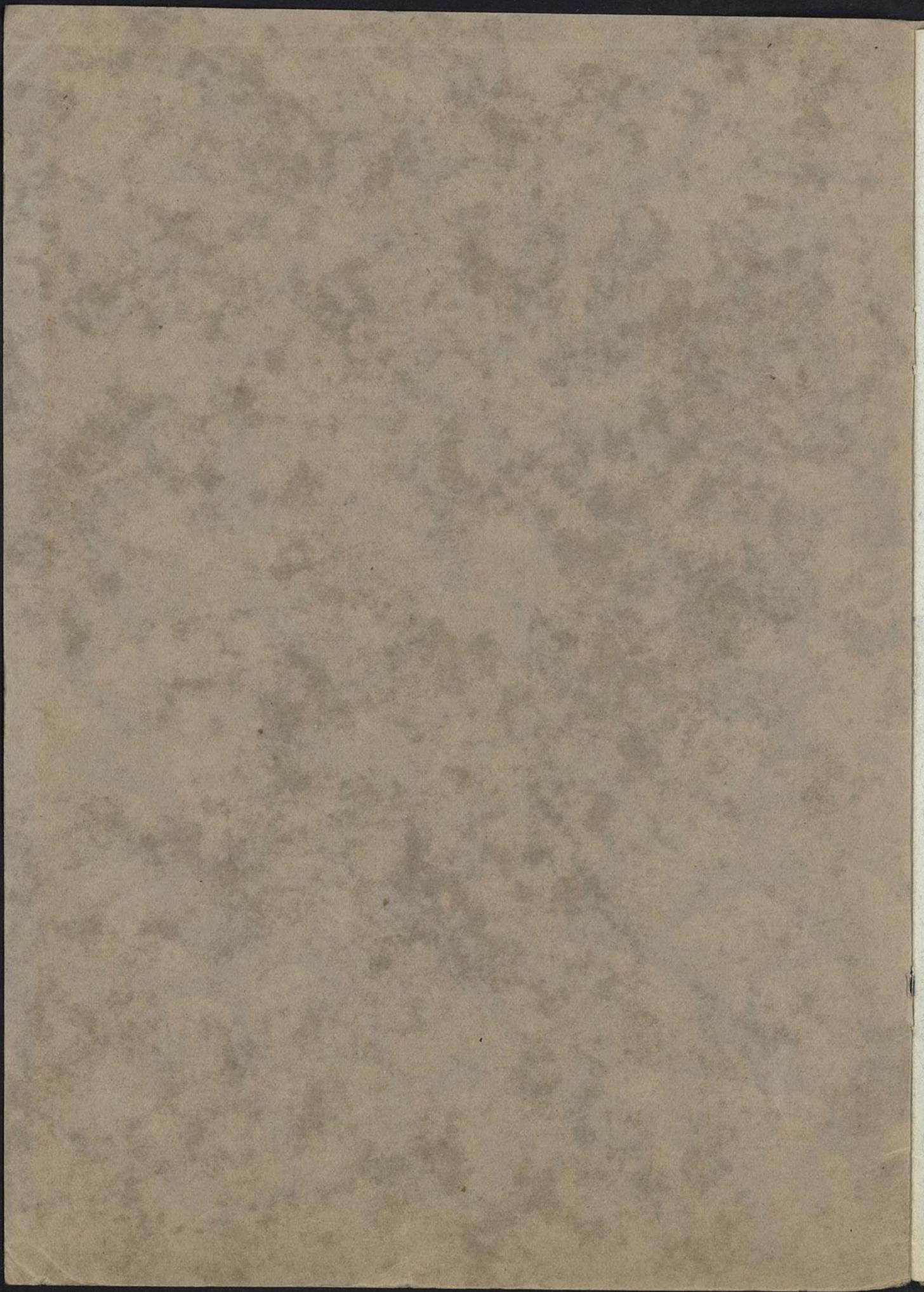


NOUVELLES CELLULES PHOTO-ÉMISSIVES
DESTINÉES AUX MESURES
PHOTOMÉTRIQUES ET COLORIMÉTRIQUES
DE HAUTE PRÉCISION

par G. A. Boutry

PUBLICATION N° 45

(Extrait du "Congrès International de Chimie" - Rome 1938)



X CONGRESSO INTERNAZIONALE DI CHIMICA

G. A. BOUTRY

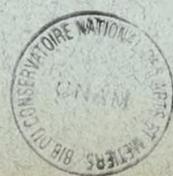
Nouvelles cellules photo-émissives destinées
aux mesures photométriques et colorimétriques
de haute précision

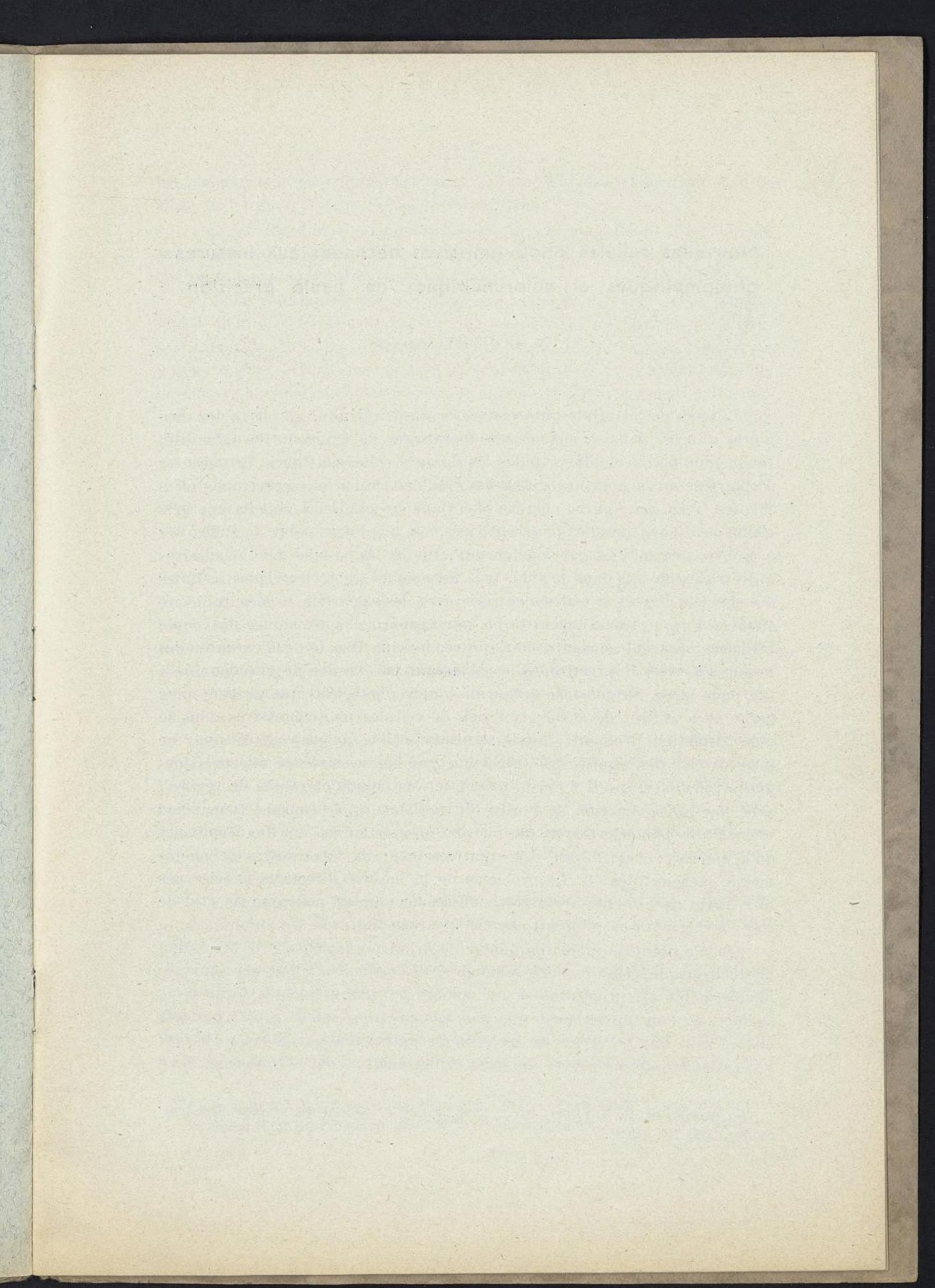
ESTRATTO DAGLI

ATTI DEL X CONGRESSO INTERNAZIONALE
DI CHIMICA - ROMA, 15-21 MAGGIO 1938-XVI

VOL. IV.

ROMA
TIPOGRAFIA EDITRICE ITALIA
CORSO UMBERTO I, 21
1939-XVII





Nouvelles cellules photo-émissives destinées aux mesures photométriques et colorimétriques de haute précision

G. A. BOUTRY (FRANCIA).

L'usage de la cellule photoélectrique s'est répandu, au cours des dernières années, dans de nombreux laboratoires de chimie; elle a facilité, rendu plus précis et plus rapides les dosages colorimétriques, les mesures d'opacités ou de pouvoirs diffusants, les déterminations spectrophotométriques. Tant que l'on ne cherche pas, dans ces études, à obtenir une précision meilleure que quelques centièmes, on n'éprouve point de difficultés à trouver des cellules qui conviennent: toutes les cellules photo-émissives à électrodes placées dans le vide, tous les couples photoélectriques (cellules à « couches d'arrêt ») utilisés en série avec des appareils de mesure de résistance interne suffisamment faible par rapport à la résistance du couple lui-même, peuvent convenir. Par contre, lorsque l'on tente d'exécuter des mesures grevées d'incertitudes ne dépassant pas l'ordre de grandeur de 1 à 2 pour mille, on constate qu'aucun couple photoélectrique ne peut plus guère être utilisé; de même, très peu de cellules photo-émissives dans le vide permettent d'obtenir de tels résultats; celles qui peuvent convenir ne peuvent être distinguées des autres que par des mesures de sélection longues et pénibles, car il n'existe pas de moyen simple et rapide de vérifier, avec une approximation de l'ordre du millième, si le courant fourni par une cellule photoélectrique est ou non proportionnel au flux lumineux qu'elle reçoit: c'est là une opération réservée aux laboratoires de photométrie bien outillés⁽²⁾. Le problème de la mesure directe et précise des flux lumineux présente un intérêt suffisamment grand pour que cet état de chose soit gênant et qu'on ait cherché à y remédier.

On n'a point de raison de douter de la loi fondamentale de l'émission photoélectrique, selon laquelle le nombre d'électrons émis par une surface photosensible est proportionnel au nombre de quanta incidents sur cette surface. Si l'on fait en sorte que *tous ces électrons soient captés par une anode, sans que le circuit de cette anode puisse recevoir d'autre charges que ces électrons eux-mêmes*, on aura évidemment résolu le problème. Mais

(2) PRESTON et Mc DERMOTT, Proc. Phys. Soc., 46, 256 (1934); FLEURY, Comptes-rendus, 199, 195 (1934).

les phénomènes secondaires dont une cellule photoélectrique peut être le siège sont fort nombreux. Voici les principaux :

1) La résistance d'isolement entre anode et cathode n'est jamais infinie. Il y a un *courant d'obscurité*, variable avec la tension appliquée et qui ne suit pas, en général, la loi d'Ohm.

2) La cellule est enfermée dans une ampoule de verre ou de quartz. Etant donnée la tension de vapeur non négligeable des métaux de la première famille, la surface interne de cette ampoule est toujours recouverte d'une couche extrêmement mince, très résistante et en général invisible de métal photoélectriquement actif. Il en résulte qu'au moment de l'éclairage de la cellule, la résistance d'isolement qui vient d'être définie plus haut peut diminuer : d'où une seconde cause d'erreur.

3) La charge négative ainsi prise par les parois de l'ampoule peut influencer fâcheusement la distribution des lignes de force du champ électrique dans la cellule.

4) Les anodes utilisées sont en général filiformes ou de très petite surface. Il résulte de cela, comme l'auteur l'a montré dans des publications antérieures ⁽¹⁾, que l'influence des charges spatiales dans cette région peut n'être pas négligeable, provoquant ainsi une courbure des caractéristiques courant-flux lumineux. D'autre part, avec un tel choix d'électrodes, la différence de potentiel qu'il convient d'appliquer aux bornes de la cellule pour que la saturation soit obtenue est très élevée ; rarement inférieure à 20 volts elle est, en moyenne, comprise entre 40 et 80 volts.

5) Mais, étant donné leur nature même, il ne faut pas espérer obtenir dans des cellules photoélectriques un vide très poussé : ce fait, et l'usage des tensions élevées, ont pour résultat de créer, dans l'atmosphère résiduelle de la cellule, une ionisation par chocs non négligeable, ionisation qui tend à retarder la saturation et à donner aux caractéristiques courant-flux lumineux une courbure en sens inverse de celle que provoquait les charges spatiales.

6) L'usage de tensions élevée provoque fréquemment des altérations plus ou moins rapides du pouvoir émissif de la cathode : la cellule devient peu fidèle.

7) Enfin, l'anode elle-même est toujours photoémissive. Ce fait n'a en général d'importance que quand la cellule est utilisée sous faible tension.

Ces phénomènes secondaires existent, à un degré plus ou moins marqué, dans toutes les cellules photoémissives actuellement dans le com-

(1) BOUTRY G. A., Journal de Physique, Thèse, Paris, 1934, page 42; BOUTRY G. A., Journal de Physique, p. 520 (1932); Comptes-rendus, (1937).

merce; comme on parvient, par sélection, à en trouver dont la réponse est proportionnelle au flux lumineux exciteur à 1/1000ème près; il semble probable que, dans ces cas, la proportionalité a été rendue possible par un heureux équilibre entre les effets produits par ces divers phénomènes, équilibre qui ne se reproduit pas, forcément, comme on le devine,

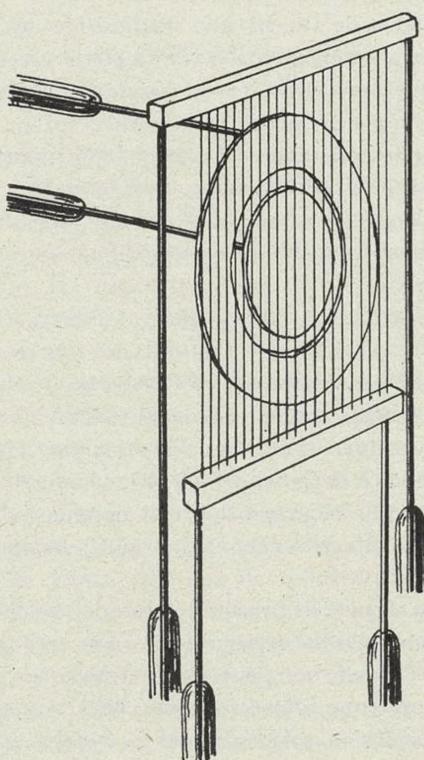


FIG. 1.

pour toutes les cellules ni pour toutes les conditions de flux lumineux et de tension.

Pour résumer ces constatations, nous dirons que nous sommes, en ce qui concerne les cellules photoélectriques, dans la situation où nous nous trouvions il y a 20 ans quand on cherchait des lampes à trois électrodes capables d'engendrer ou d'amplifier des oscillations de très haute fréquence. De même qu'on est parvenu depuis à fabriquer couramment et commodément de telles lampes, de même l'auteur de la présente communication a pensé qu'il était possible de fabriquer sans tâtonnements des cel-

lules fournissant à coup sûr et par construction des courants proportionnels aux flux lumineux qu'elles reçoivent.

Pour obtenir ce résultat, il fallait annuler ou rendre négligeables les phénomènes secondaires qui viennent d'être énumérés. On y est parvenu en disposant les électrodes comme le représente la figure 1 :

L'anode A est constituée par une grille de fils très fins en tungstène (15 à 18 μ) tendus verticalement à intervalles rapprochée (1, 0,75 ou 0,5 mm.) entre des baguettes de nickel massif aa, bb.

La fixation de cet ensemble sur l'ampoule est effectuée de telle sorte que les fils de la grille constituent la seule liaison électrique entre les baguettes aa et bb, ce qui permet, en les portant à volonté à l'incandescence, de les dégazer ou de les débarrasser du métal alcalin qui peut se condenser sur eux pendant la préparation de la cellule.

Derrière cette anode plane, et à très petite distance (1 à 3 mm.) est placée la cathode, cercle plan entouré d'une troisième électrode annulaire concentrique, qui joue le rôle d'anneau de garde. Ces deux électrodes sont taillées dans une plaque d'argent pur. Elles sont montées indépendamment l'une de l'autre sur des baguettes de tungstène enrobées elles-mêmes dans des tubes de verre borosilicaté ; le tube portant la cathode fait saillie à l'extérieur de l'ampoule sur 15 centimètres environ. A cet endroit est bobiné un petit four à enroulement de nichrome ou de constantan qui permet de porter ce tube support à 200° sans échauffer le reste de la cellule. L'ensemble est monté dans une ampoule sphérique. Les photographies de la figure 2 montrent la cellule terminée et permettent de se rendre compte de ses dimensions.

La lumière incidente tombe normallement à la cathode, qu'elle éclaire à travers les fils de l'anode A, dont la densité optique équivalente est négligeable. Dans de telles conditions, avec une cathode polie, la sensibilité photoélectrique risquerait d'être négligeable. Aussi, cathode et anneau de garde reçoivent un guillochage formé de stries parallèles dont les bords sont inclinés à environ 60° par rapport à la normale à la surface. Les électrodes sont alors légèrement oxydées puis recouvertes d'un film mince de coesium déposé dans le vide. La cellule ainsi préparée est évacuée et scellée : elle est prête à servir.

Supposons maintenant que cathode et anneau de garde soient uniformément éclairés, et que l'on ne mesure que le courant photoélectrique fourni par la cathode. Il est clair que ce courant ne sera altéré que d'une manière négligeable par les phénomènes secondaires qui ont été énumérés ci-dessus. En effet, l'ensemble formé par les trois électrodes constitue un condensateur plan à anneau de garde. Pourvu que cathode et anneau de garde émettent à peu près le même nombre d'électrons par seconde et par centimètre carré, les lignes de force du champ électrique ne subissent pas

de distorsion et restent des droites perpendiculaires au plan de la cathode. Si le rapport du diamètre del 'anneau de grade à la distance qui sépare l'anode et la cathode est assez grand, tous les électrons partis de la cathode devront parvenir à l'anode, et cela sans qu'il soit, théoriquement,

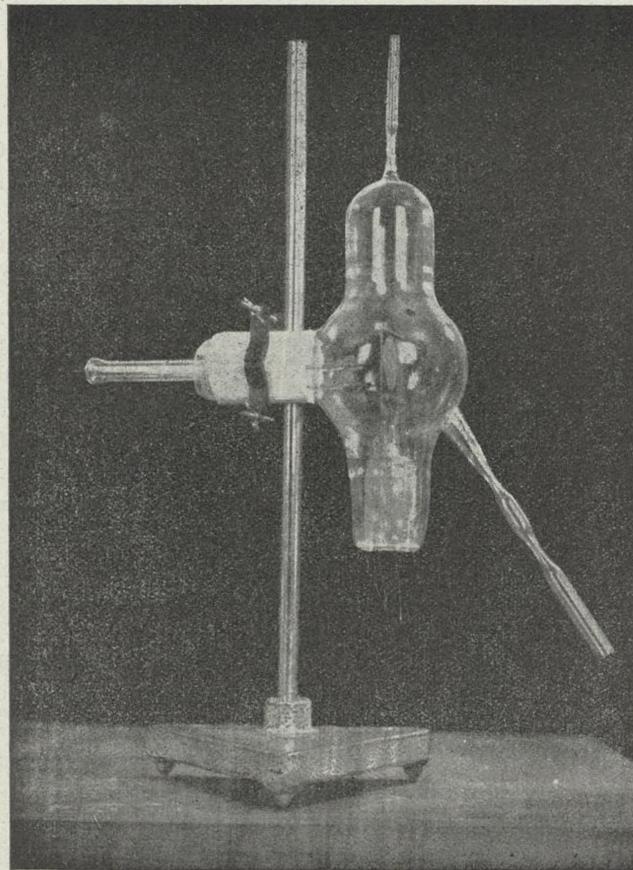


FIG. 2.

nécessaire d'appliquer aucun potentiel accélérateur. En réalité, comme il existe entre le tungstène de l'anode et le coesium de la cathode une différence de potentiel de contact d'un sens tel qu'elle s'opposerait au mouvement des électrons, on peut prévoir que la saturation ne peut être obtenue qu'à condition d'appliquer à la cellule de faibles tensions accélératrices de l'ordre de 1 à 2 volts. Dans de telles conditions, l'ionisation par choqs est impossible et la proportionnalité doit être respectée.

D'autre part, la cathode est efficacement protégée des actions extérieures et en particulier des charges qui peuvent exister à la surface de l'ampoule. Enfin, le courant d'obscurité doit être tout à fait négligeable grâce aux précautions prises pour l'isolation, et en particulier au chauf-

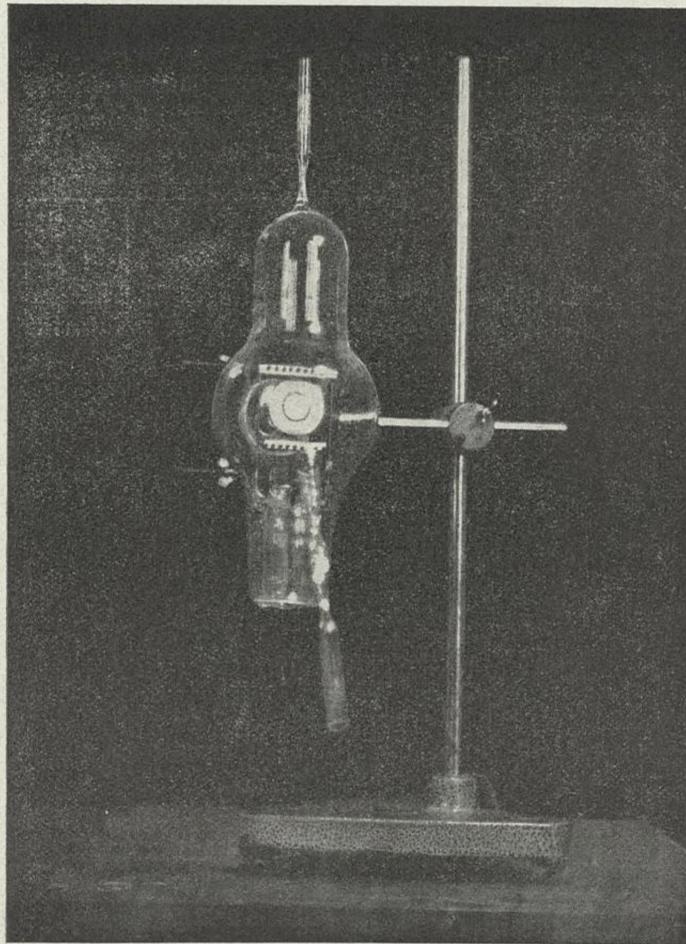


FIG. 3.

fage possible du pied support de la cathode, chauffage qui le débarrasse de la pellicule métallique qui tend à se déposer sur la paroi interne de l'ampoule.

L'expérience a complètement vérifié ces prévisions. La figure 3 donne quelques exemples des caractéristiques courant-tension de quelques-unes de ces cellules : on voit que la saturation est obtenue dans tous les cas pour des potentiels accélérateurs extrêmement bas. Afin de bien montrer

à quel point ces propriétés s'éloignent de celles des cellules photoémissives habituelles, on a reporté sur la figure 3 le début d'une caractéristique courant-tension d'une cellule commerciale. Aucun courant d'obscurité atteignant $5 \cdot 10^{-13}$ ampère, limite de sensibilité des appareils de mesure électrique employés, n'a été décelé (on sait que ce courant atteint souvent 10^{-9} ampère et plus dans les cellules habituelles). Enfin, toutes les mesures effectuées pour une série de cinq cellules dans la fabrication desquelles on avait systématiquement fait varier les paramètres de construction

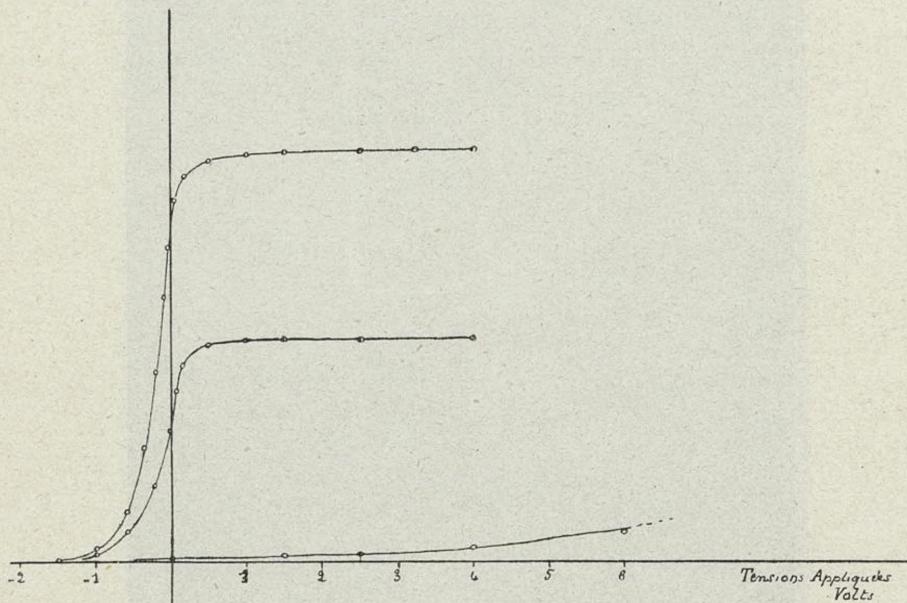


FIG. 4.

entre certaines limites ont montré que *la proportionnalité du courant photoélectrique au flux lumineux incident* était réalisée sûrement à 1/1.000ème près (*limite de sensibilité de l'appareil de mesure*) et très probablement avec une approximation beaucoup meilleure, pour des flux compris entre 1 et 30 millièmes de lumen. Enfin, la sensibilité de ces cellules, déjà très bonne, est de l'ordre de 15 μ A par lumen. Cette sensibilité pourra d'ailleurs être améliorée encore dans l'avenir.

Pour pouvoir profiter de ces intéressantes propriétés, il est nécessaire que deux conditions soient respectées: 1) l'anneau de garde doit être éclairé sinon sur toute sa superficie, du moins au voisinage de la cathode (la proportionnalité semble se maintenir encore à 1/1000ème près quand la tache lumineuse uniforme recouvrant la cathode déborde de 4 à 5 mm. sur l'anneau de garde); 2) l'anneau de garde et la cathode *devront être*

portés très exactement au même potentiel, et seul le courant cathodique devra être mesuré.

Il en résulte que, si l'on emploie un galvanomètre comme instrument de mesure direct, le montage employé devra être celui de la figure 4, dans lequel on a placé en série dans le circuit de l'anneau de garde une résistance ρ égale à la résistance du galvanomètre utilisé. Un tel montage, dont les résultats sont peu précis, est rarement utilisé. Il vaut mieux uti-

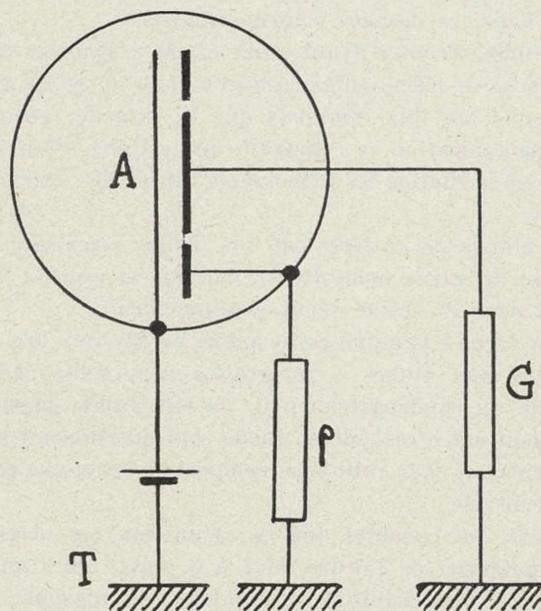


FIG. 5.

liser un montage potentiométrique. Dans un tel montage, la lettre G de la figure 4 indique la résistance de couplage du potentiomètre; on a toujours $\rho = G$. Enfin, si l'on peut utiliser un électromètre comme appareil de zéro un montage potentiométrique du type de celui qu'a décrit Fleurÿ⁽³⁾, l'anneau de garde sera relié directement à la terre et l'on s'arrangera, au cours des mesures, pour régler à zéro le potentiel de la cathode (fig. 5).

Une publication ultérieure, avec la collaboration de M. Gillod, examinera d'une façon plus détaillée les propriétés et les applications de ces

⁽³⁾ FLEURY, Revue d'Optique, 11, 390 (1932); Ann. C.N.A.M., IV, 285 (1934).



cellules. Les remerciements de l'auteur vont à M. Cherdakoff dont l'ingéniosité a résolu maint problème soulevé par la construction délicate des cellules.

RÉSUMÉ.

Les cellules photoélectriques (cellules photo-émissives ou couples photoélectriques) trouvent des applications de plus en plus nombreuses en physico-chimie et en chimie analytique; en particulier, elles sont fréquemment utilisées dans les dosages colorimétriques.

Diverses études récentes ayant montré que le courant débité par une cellule photo-émissive même soigneusement vidée n'est qu'approximativement proportionnel au flux lumineux que la cathode reçoit, l'auteur de la présente communication a construit des cellules d'un nouveau type dans lesquelles on a éliminé les principales causes des écarts dont il vient d'être question.

Dans ces cellules, la cathode est une plaque circulaire plane, entourée d'un anneau de garde isolé d'elle; cathode et anneau de garde sont recouverts tous deux du même dépôt photosensible.

L'anode est formée par une grille plane de fils très fins tendus parallèlement les uns aux autres à intervalles rapprochés. L'ensemble des électrodes forme un condensateur plan de très faible capacité; les électrons qui circulent entre cathode et anode sont entièrement soustraits aux influences extérieures, et la cellule se comporte comme une cellule du type dit à cathode centrale.

Effectivement, on constate que la saturation est obtenue pour des différences de potentiel de l'ordre de 2 à 3 volts, alors que les cellules photo-émissives du type habituel demandent des tensions accélératrices de l'ordre de 40 à 120 volts.

La communication analyse en détail les avantages de cette construction; des mesures de vérification y sont décrites et montrent que la cellule vérifie dans un très large domaine la loi de proportionnalité entre le flux lumineux incident et le courant obtenu avec une approximation certainement supérieure au millième; seules, la sensibilité et la stabilité des instruments de mesure ont limité la précision des vérifications. De telles cellules seraient avantageusement employées dans les dosages colorimétriques; quelques suggestions sont données en ce qui concerne cette application.

Paris, — Laboratoire d'Essais du Conserv. Nat. des Arts et Métiers, 1938.



