

Le XP 2230 est un photomultiplicateur rapide à 12 étages possédant une photocathode bialcaline semi-transparente frontale de diamètre utile 44 mm.

Ce tube se distingue notamment par :

- un rendement quantique de photocathode élevé ;
- un faible bruit de fond ;
- une excellente résolution temporelle.

Ce photomultiplicateur est donc d'un très grand intérêt dans de nombreuses expériences de physique telles celles utilisant les techniques de coïncidences, les détecteurs Cerenkov, les scintillateurs rapides ou le comptage en électrons uniques.

Dans sa version avec culot XP 2230 B, ce photomultiplicateur possède un brochage compatible avec celui des tubes 56 AVP ou 56 DVP qu'il est destiné à remplacer.

Le XP 2230 B peut être alimenté à l'aide de la sonde S 5630/01.

Cette sonde est constituée d'un ensemble mécanique, de deux blindages magnétiques, d'un support de scintillateur et des circuits nécessaires à l'alimentation électrique du PM. Elle permet de disposer de signaux d'anode et de dynode. (Documentation détaillée sur demande.)

Courbe de réponse spectrale

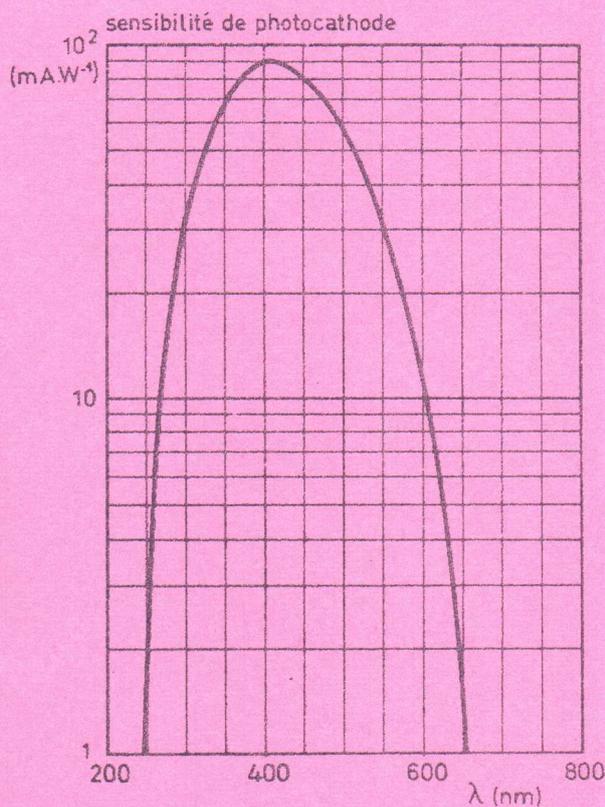


Fig. 1. — Réponse spectrale du XP 2230.

Caractéristiques principales

Nombre de dynodes	12
Réponse spectrale (fig. 1)	type D
Diamètre minimal utile de photocathode	44 mm
Gain = $3 \cdot 10^7$ pour $V_b =$	typ. 2 300 V
Efficacité quantique à 401 nm	typ. 28 %
Sensibilité de photocathode à 401 nm	typ. 90 mA.W ⁻¹
Temps de montée de l'impulsion anodique	$\approx 1,6$ ns
Linéarité :	
Répartition A	≈ 25 mA
Répartition B	≈ 280 mA
Répartition B'	≈ 70 mA
Taux de comptage de bruit à $G = 3 \cdot 10^7$	≈ 600 c.s ⁻¹
Fluctuations du temps de transit δ	$\approx 0,35$ ns

1. Caractéristiques générales

Fenêtre

Verre borosilicate
 Plan concave
 Indice de réfraction à $\lambda = 550 \text{ nm}$ 1,48

Photocathode (note 1)

Semi-transparente frontale bialcaline SbKCs
 Diamètre utile minimal 44 mm
 Réponse spectrale (fig. 1) type D
 Maximum de sensibilité pour $400 \pm 30 \text{ nm}$
 Efficacité quantique à 401 nm ρ typ. 28 %
 Sensibilité monochromatique (note 2)
 à $\lambda = 401 \text{ nm} \pm 3 \text{ nm}$ σ_k typ $90 \text{ mA} \cdot \text{W}^{-1}$
 min $65 \text{ mA} \cdot \text{W}^{-1}$

A titre indicatif :

$$\sigma_k (\text{mA} \cdot \text{W}^{-1}) = \frac{\rho \% \lambda \text{ nm}}{124}$$

ρ : efficacité quantique

Optique d'entrée :

Elle est constituée :
 de la photocathode,
 d'une accélératrice, devant être reliée au potentiel de la première dynode S1.

Système de multiplication

Nombre d'étages 12
 Structure linéaire-focalisée
 Composition Argent-Magnésium
 Capacités :
 - Anode par rapport à la dernière dynode $\approx 4 \text{ pF}$
 - Anode par rapport à toutes les autres électrodes réunies $\approx 6 \text{ pF}$

2. Caractéristiques nominales

Répartition « A » des tensions (fig. 7)

Gain en courant $3 \cdot 10^7$ pour V_B typ 2300 V
 (fig. 2) max 2600 V
 Courant d'obscurité pour $G = 3 \cdot 10^7$
 (notes 3 et 4) - (fig. 2) typ 7 nA
 max 25 nA

Taux de comptage de bruit à $G = 3 \cdot 10^7$ (som-
 mation depuis $1/10$ de photo-électron jus-
 qu'à l'infini)
 (note 5) $\approx 600 \text{ c.s}^{-1}$

Voir spectre de bruit de $1/10$ de photo-électron à 10 élec-
 trons (fig. 6).

Temps de montée de l'impulsion anodique
 pour $V_B = 2000 \text{ V}$ (note 6) $\approx 1,8 \text{ ns}$

Largeur impulsionnelle à mi-hauteur pour
 $V_B = 2000 \text{ V}$ $\approx 3,8 \text{ ns}$

Temps de transit pour $V_B = 2000 \text{ V}$ $\approx 28 \text{ ns}$

Linéarité entre les impulsions de courant
 anodique et de flux lumineux (note 7)
 pour $V_B = 2000 \text{ V}$ $\approx 25 \text{ mA}$

Courant crête maximal possible $\approx 100 \text{ mA}$

Utilisation en détection nucléaire (note 8)
 Résolution ^{137}Cs à $V_B = 1200 \text{ V}$ $\approx 7,5 \%$

Répartition « B » des tensions (fig. 8) (note 9)

Gain pour $V_B = 3000 \text{ V}$ (fig. 2) $\approx 5 \cdot 10^6$

Linéarité entre les impulsions de courant
 anodique et de flux lumineux
 (note 7) pour $V_B = 3000 \text{ V}$ $\approx 280 \text{ mA}$

Courant crête maximal possible $\approx 0,5 \text{ à } 1 \text{ A}$

Temps de montée de l'impulsion anodique
 pour $V_B = 3000 \text{ V}$ (note 6) $\approx 1,6 \text{ ns}$

Largeur impulsionnelle à mi-hauteur pour
 $V_B = 3000 \text{ V}$ $\approx 3 \text{ ns}$
 Temps de transit pour $V_B = 3000 \text{ V}$ $\approx 31 \text{ ns}$
 Ecart centre-bord pour $V_B = 3000 \text{ V}$ $\approx 0,65 \text{ ns}$
 (note 10)

Répartition « B' » des tensions (fig. 9) (note 9)

Gain pour $V_B = 2500 \text{ V}$ (fig. 2) $\approx 2 \cdot 10^7$
 Linéarité entre les impulsions de courant
 anodique et de flux lumineux (note 7)
 pour $V_B = 2500 \text{ V}$ $\approx 70 \text{ mA}$
 Courant crête maximal possible $\approx 250 \text{ mA}$
 Temps de montée de l'impulsion anodique
 pour $V_B = 2500 \text{ V}$ (note 6) $\approx 1,6 \text{ ns}$
 Largeur impulsionnelle à mi-hauteur
 pour $V_B = 2500 \text{ V}$ $\approx 2,7 \text{ ns}$
 Temps de transit pour $V_B = 2500 \text{ V}$ $\approx 28 \text{ ns}$
 Ecart centre-bord pour $V_B = 2500 \text{ V}$
 (note 10) $\approx 0,6 \text{ ns}$
 Fluctuation statistique du temps de transit
 (note 11) $\approx 0,35 \text{ ns}$

3. Valeurs à ne pas dépasser (Limites absolues)

Haute tension totale d'alimentation (note
 12) max 3000 V
 Courant anodique en régime permanent ..
 (valeur recommandée pour une bonne
 stabilité $0,01 \text{ mA}$) max $0,2 \text{ mA}$
 Tension entre photocathode et première
 dynode (note 13) max 800 V
 min 300 V
 Tension entre dynodes consécutives
 sauf S11 et S12 max 400 V
 Tension entre les dynodes S11 et S12 ... max 600 V
 Tension entre dernière dynode et anode
 (note 14) max 700 V
 min 80 V
 Domaine de température :
 fonctionnement sur périodes courtes ... max $+ 80 \text{ }^\circ\text{C}$
 min $- 80 \text{ }^\circ\text{C}$
 fonctionnement sur
 longues périodes et stockage max $+ 50 \text{ }^\circ\text{C}$
 min $- 80 \text{ }^\circ\text{C}$
 Pour XP 2230 B : température minimale ..
 (note 15) $- 30 \text{ }^\circ\text{C}$

4. Notes

- 1 - La photocathode bialcaline présente une résistivité importante croissant rapidement vers les basses températures. Il est donc recommandé de ne pas la soumettre à des éclaircissements trop intenses : on se limitera, par exemple, à des valeurs maximales de courant de cathode de 1 nA à la température ambiante et de $0,1 \text{ nA}$ à $- 30 \text{ }^\circ\text{C}$. Dans le cas du passage d'un courant photoélectrique trop élevé, la cathode ne peut plus être considérée comme une surface équipotentielle et la focalisation des électrons sur la première dynode est perturbée, ce qui entraîne des défauts de linéarité.
- 2 - La sensibilité monochromatique est mesurée en plaçant un filtre interférentiel devant une lampe à filament de tungstène portée à la température de $2856 \pm 5 \text{ }^\circ\text{K}$. La mesure est effectuée par comparaison avec un thermocouple de Schwartz.

- 3 - Dans la mesure du possible, on doit s'efforcer d'alimenter le photomultiplicateur avec la photocathode à la masse et l'anode au + HT ; néanmoins, dans certains cas, il est nécessaire d'alimenter le tube avec l'anode à la masse et la photocathode au - HT ; dans ce cas, le bruit de fond impulsionnel et le courant d'obscurité sont souvent accrus et instables, particulièrement après la mise sous tension. Lorsque le tube comporte un revêtement conducteur, celui-ci doit être relié à un potentiel voisin de celui de la photocathode. Il est impératif qu'aucun matériau touchant le verre de l'ampoule ou le revêtement conducteur, ne présente une résistance d'isolement inférieure à $10^{13} \Omega$.
- 4 - Le courant d'obscurité est mesuré à la température de 25°C après stabilisation du tube dans l'obscurité (1/4 h environ).
- 5 - Le tube, stocké normalement avec sa coiffe protectrice, est mis dans l'obscurité complète, à la tension donnant un gain de 3.10^7 . Après un temps de stabilisation de 30 mn, les impulsions de bruit sont enregistrées avec un seuil de $4,25.10^{-13}\text{C}$ correspondant à 0,1 photoélectron.
- 6 - Mesures effectuées avec une source d'impulsions lumineuses de durée inférieure à 1 ns, la cathode étant entièrement éclairée. Le temps de montée est mesuré entre 10 et 90 % de l'amplitude de l'impulsion anodique. Le temps de transit est mesuré entre l'instant d'arrivée sur la cathode du maximum de l'impulsion lumineuse et l'instant où l'impulsion anodique atteint son maximum. Toutes ces valeurs varient en fonction de la haute tension V_b à peu près comme $V_b^{-1/2}$.
De façon à éviter les oscillations dues à l'inductance des connexions, une résistance non inductive de 51Ω est incorporée dans le culot même du tube XP 2230 B dans chacune des connexions de dynodes S11 et S12.
- 7 - Les tensions entre dynodes doivent être stabilisées au moyen de capacités. Les valeurs de ces capacités doivent être déterminées de façon que la variation de tension produite, lorsque chaque dynode délivre la quantité d'électricité nécessaire pour une impulsion, ne dépasse pas 2 %.
La limite de linéarité correspond à un écart de linéarité de 2 % et la mesure peut être faite par la méthode de la double impulsion (deux impulsions de durée 100 ns, espacées de 500 ns et dont les amplitudes sont dans un rapport donné, 2 par exemple).
- 8 - Les caractéristiques en détection nucléaire dépendent autant du scintillateur que du photomultiplicateur ainsi que des conditions de mesures.
Le taux de comptage utilisé est de 1000 c.s^{-1} .
- Pour le ^{137}Cs , la résolution est mesurée avec un scintillateur NaI (TI) cylindrique $\varnothing = 44, \text{h} = 50 \text{ mm}$. Lors de la mesure de la résolution, la proportionnalité entre l'amplitude des impulsions du pic photoélectrique, à la sortie de l'électronique, et l'énergie des rayonnements incidents, est vérifiée sur les points suivants : ^{137}Cs (662 keV) et ^{203}Hg (279 keV et 77 keV).
- 9 - Afin d'obtenir des courants crête d'impulsions plus élevés que ceux obtenus avec la Répartition "A", il faut accroître régulièrement la tension interdynodes dans les derniers étages. Il faut remarquer que pour des hautes tensions identiques le gain d'un tube est plus faible en Répartition "B" qu'en Répartition "A".
Les répartitions "B" et "B'" sont des exemples de répartitions « progressives » permettant chacune un compromis donné entre gain, rapidité et linéarité. D'autres répartitions peuvent être imaginées, en vue de réaliser d'autres compromis. Il est en général conseillé d'utiliser un accroissement de la tension d'un étage à l'autre inférieur à un facteur 2.
- 10 - Différence du temps de transit qui existe entre une impulsion provenant de photons tombant sur le centre de la photocathode et une impulsion provenant de photons tombant à 18 mm de ce centre.
- 11 - Fluctuation de l'instant d'arrivée d'une impulsion à l'anode du photomultiplicateur. Cette impulsion est due à un seul électron quittant la photocathode.
Elle est définie ici par l'écart type de la distribution des instants d'arrivée.
- 12 - Haute tension totale d'alimentation ou tension pour laquelle le tube a un gain de 2.10^9 selon celle qui est la plus faible.
- 13 - Min 300 V : valeur minimale conseillée pour l'obtention d'une bonne collection dans l'optique d'entrée.
- 14 - Pour le calcul de la tension anodique, tenir compte de la chute de tension dans la résistance de charge.

- 15 - Cette gamme de températures est limitée en particulier par les contraintes qui apparaissent au niveau du scellement du culot sur la verrerie.
En cas de fonctionnement à des températures basses, prière de consulter le fournisseur.

5. Recommandations générales

A. ALIMENTATION ELECTRIQUE

1 - Stabilité de la haute tension

Si N est le nombre d'étages du photomultiplicateur, les variations relatives de gain G par rapport aux variations relatives de tensions V sont données par la relation :

$$\frac{dG}{G} = N \frac{dV}{V}$$

L'utilisateur devra donc employer une haute tension très bien stabilisée : les photomultiplicateurs ayant un nombre d'étages voisin de 10, il sera nécessaire d'utiliser une alimentation stabilisée à 1‰ au moins pour avoir une stabilité de gain de 1 %. Il est bon de préciser qu'il s'agit ici de stabilité en fonction des variations du secteur et non en fonction du débit fourni par l'alimentation.

De ce dernier point de vue, les exigences sont infiniment moins sévères car on peut considérer que l'alimentation travaille à charge constante (voir § 3).

2 - Réglage de la sensibilité anodique :

Les sensibilités anodiques des photomultiplicateurs, à tension donnée, peuvent varier d'un tube à l'autre dans de grands rapports (dispersions inévitables dans le coefficient d'émission secondaire du matériau constituant les dynodes et dans les rendements quantiques pour un même type de photocathode). Il est nécessaire de prévoir une possibilité de les rendre égales ; deux solutions sont possibles :

- Réglage de la HT.

Etant donné la grande variation du gain avec la HT, ce procédé est très efficace. C'est celui qui doit être choisi si possible, tout autre réglage étant optimisé par ailleurs (fig. 3).

- Réglage du potentiel d'une dynode.

Si le réglage précédent ne peut être employé, régler le potentiel d'une dynode par un potentiomètre situé entre les dynodes amont et aval (utiliser une dynode de rang 5 à 9 environ) (fig. 4).

3 - Débit du pont diviseur de tension

Pour que le photomultiplicateur fournisse un courant anodique proportionnel au flux lumineux incident, il faut que les tensions entre chaque étage restent constantes lorsque le tube débite ou en d'autres termes, que le courant i_n circulant dans la dynode de rang n soit à tout moment très inférieur au courant I_n circulant dans la résistance de rang n du pont diviseur de tension.

Le rapport $k = \frac{i_n}{I_n}$ doit être de plusieurs dizaines ($k > 20$).

Si le tube travaille en impulsions, il est possible de découpler par des condensateurs les étages débitant le plus fortement (pratiquement les 2 ou 3 derniers étages).

B. PRECAUTIONS D'EMPLOI

1 - Exposition à la lumière :

Pendant les 15 à 30 premières minutes de mise sous tension le courant d'obscurité diminue généralement avant de se stabiliser. Une bonne précaution à prendre est donc d'attendre une demi-heure après la mise sous tension avant d'utiliser le photomultiplicateur.

Afin de réduire cette attente, le tube, même non alimenté, doit être conservé dans l'obscurité et être exposé le moins possible à la lumière. En effet, dans ces conditions, le photomultiplicateur retrouvera très vite l'ancienne valeur du courant d'obscurité qu'il avait à la fin de la dernière mise sous tension.

A noter qu'IL EST ABSOLUMENT CONTRE-INDIQUE D'APPLIQUER LA HAUTE TENSION SUR UN PHOTOMULTIPLICATEUR EXPOSE A LA LUMIERE AMBIANTE.

Ce tube est en effet très sensible, et les débits provoqués par une telle lumière dépasseraient les limites admissibles : le photomultiplicateur serait définitivement endommagé.

Il est bon de noter que ceci est vrai, même si la lumière ambiante paraît faible à l'œil, les débits maximaux admissibles correspondant à des flux lumineux extrêmement faibles $< 10^{-3}$ lm.

D'autre part, il est particulièrement recommandé de ne pas exposer le tube à une atmosphère d'hélium, ce gaz diffusant à travers les verres borosilicate.

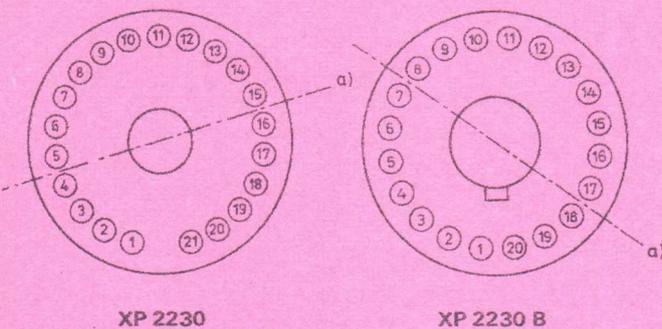
2 - Utilisation avec une sensibilité anodique élevée

En adoptant une haute tension d'alimentation élevée, il est possible d'obtenir des sensibilités anodiques importantes. Dans tous les cas, la tension totale d'alimentation et le courant anodique ne devront jamais dépasser la valeur limite indiquée dans le paragraphe « Valeurs à ne pas dépasser ».

Dans le cas d'une telle utilisation, la haute tension devra être augmentée lentement et progressivement jusqu'à la valeur désirée. Il sera nécessaire de laisser le tube se stabiliser pendant un temps assez long (une heure et même plus, suivant le cas).

3 - Action d'une induction magnétique parasite

La perte de sensibilité anodique en présence d'une induction magnétique parasite est due à une diminution de la collection des photo-électrons issus de la photocathode. (Voir courbes fig. 5). Le plan parallèle aux génératrices des dynodes est repéré sur les figures ci-dessous par l'axe a.



Il est conseillé de préserver le tube contre l'influence de ces inductions magnétiques au moyen d'un blindage en mu-métal avançant d'au moins 15 mm en avant de la photocathode (voir page 6).

En cas d'induction magnétique intense, il est recommandé de protéger cet ensemble par un blindage supplémentaire en fer doux, afin d'éviter la saturation du mu-métal. Pour le XP 2230 B, on pourra utiliser par exemple la sonde S 5630/01 (documentation sur demande).

4 - Utilisation en impulsions rapides

La répartition d'alimentation à adopter dans ce cas est la répartition B' (fig. 9). On prendra soin de réduire le plus possible la longueur des connexions du câble d'anode ainsi que celles des condensateurs de découplage, afin de minimiser les inductances, cause d'oscillations.

Le découplage des dynodes paires et impaires par deux chaînes distinctes permet un câblage des condensateurs sur des cosses consécutives du support, donc avec des connexions très courtes.

Il est important que la gaine du câble d'anode et l'extrémité des chaînes de découplage se terminent en un même point.

Afin de fixer le potentiel d'anode en continu lorsque le câble de sortie n'est pas chargé, il est recommandé de placer la résistance R (valeur typique 10 kΩ) entre anode et + H.T., faute de quoi on risque de détruire l'étage d'entrée de l'amplificateur ou du discriminateur, lors de la liaison par câble au photomultiplicateur.

6. Courbes caractéristiques

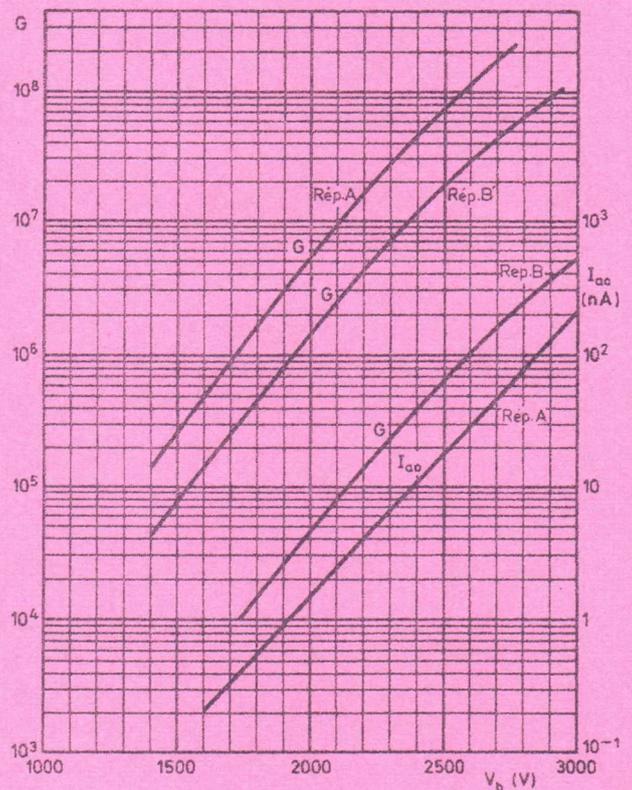


Fig. 2. — Courbes de variation du gain G en fonction de la haute tension, en répartition A, B et B'. Courant d'obscurité I_{a0} en fonction de la haute tension en répartition A.

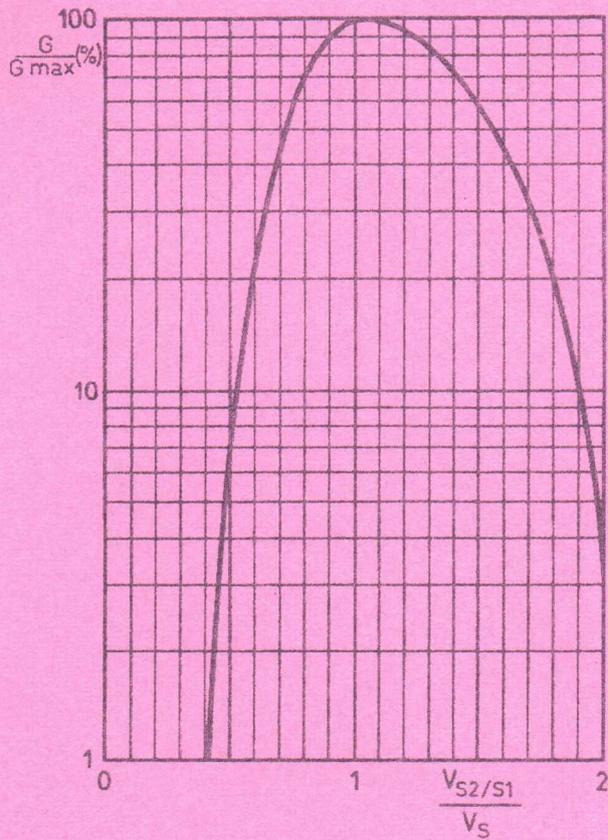


Fig. 3. — Variation relative du gain en fonction du potentiel de la dynode S2.
 ($V_{S3/S1} = \text{constant}$; répartition A)

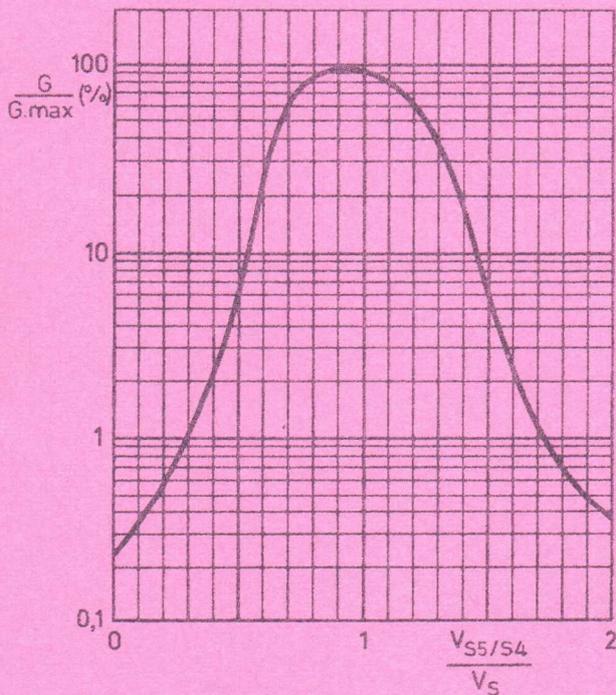


Fig. 4. — Variation relative du gain en fonction de la tension entre dynode S4 et S5.
 ($V_{S6/S4} = \text{constant}$, en répartition A).

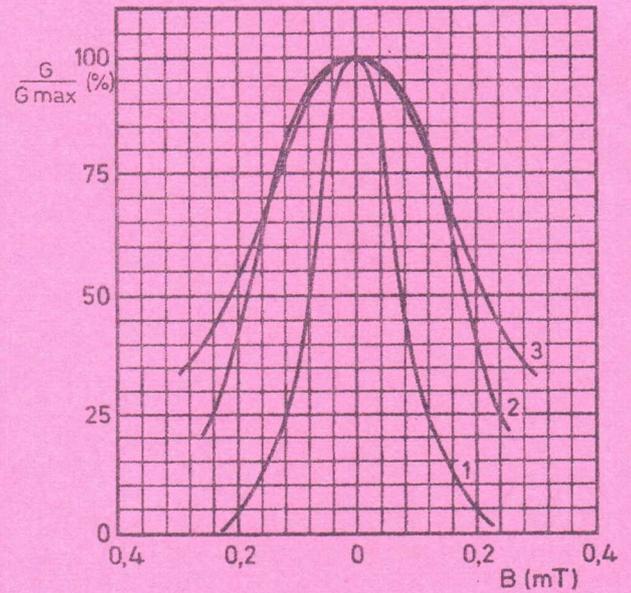


Fig. 5. — Variation relative du gain en fonction d'une induction magnétique.

Courbe 1 : Induction parallèle aux génératrices des dynodes.
 Courbe 2 : Induction perpendiculaire aux génératrices des dynodes.
 Courbe 3 : Induction parallèle à l'axe du tube.

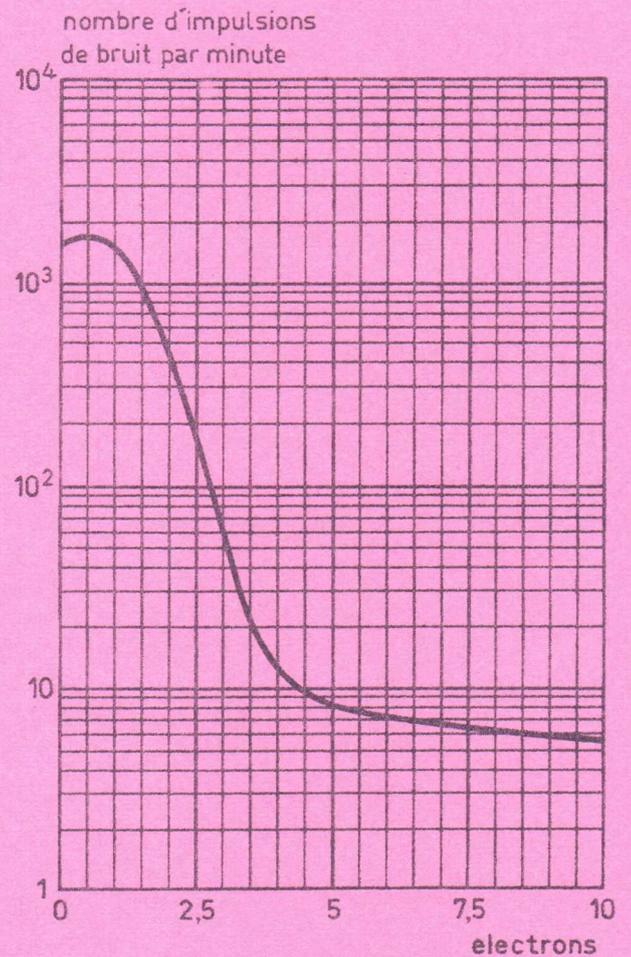


Fig. 6. — Spectre de bruit typique pour un gain $G = 3.10^7$, tube alimenté en répartition A.
 (0,1 à 10 photo-électrons).

7. Circuits recommandés

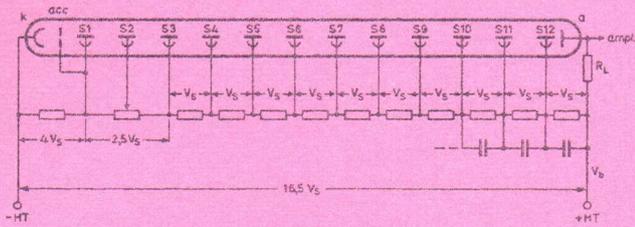


Fig. 7. — Répartition A des tensions.

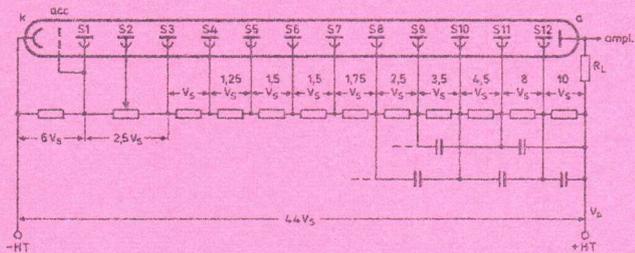


Fig. 8. — Répartition B des tensions.

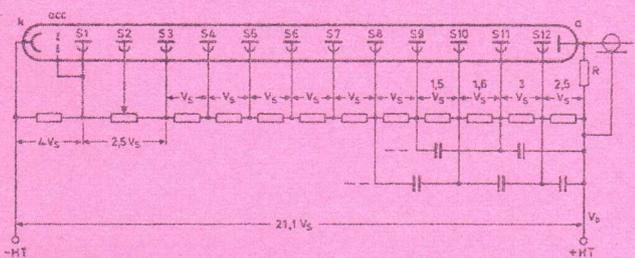
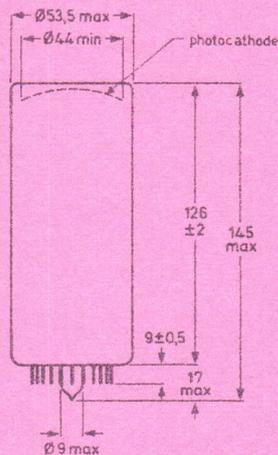


Fig. 9. — Répartition B' des tensions.

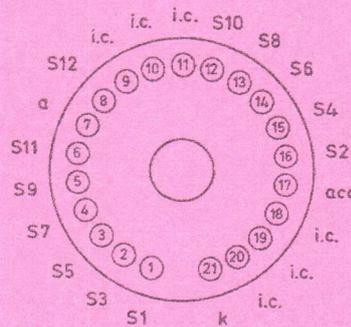
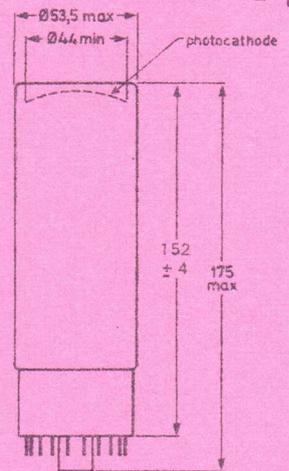
8. Encombrement et brochage

AL/1978/2
Annex PT
- 6 -

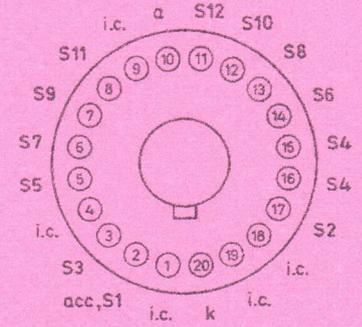
XP 2230



XP 2230 B



Vue de dessous.



Vue de dessous.

k : cathode ;
acc : accélératrice ;
S_n : dynode n° n
a : anode.

R : résistance permettant de fixer le potentiel d'anode en continu lorsque le câble de sortie n'est pas branché.
(valeur typique : 10 k Ω).

R_L = résistance de charge.

Capacités de découplage :
valeur typique : 1 nF

XP 2230

Poids net : 160 g
Poids emballé : 320 g
Support réf. : FE 2003

XP 2230 B

Poids net : 190 g
Poids emballé : 350 g
Support réf. : FE 1003

Blindage en mu-métal* :

— diamètre intérieur : 57 mm
— longueur : 110 mm

Réf. TA/30/05 — épaisseur 0,5 mm
Réf. TA/30/08 — épaisseur 0,8 mm

* Fournisseur : Métalimphy-Creusot Loire
8, rue de la Rochefoucauld 75009 PARIS
(Téléphone : 282-22-00)

Ces informations sont données à titre indicatif et sans garantie quant aux erreurs ou omissions. Leur publication n'implique pas que la matière exposée soit libre de tout droit de brevet et ne confère aucune licence de tout droit de propriété industrielle, R.T.C. LA RADITECHNIQUE COMPELEC n'assurant en outre aucune responsabilité quant aux conséquences de leur utilisation. Ces caractéristiques pourront éventuellement être modifiées sans préavis, et leur publication ne constitue pas une garantie quant à la disponibilité du produit.



R.T.C. LA RADITECHNIQUE-COMPELEC

SEMICONDUCTEURS ET MICROÉLECTRONIQUE / TUBES PROFESSIONNELS ET INDUSTRIELS
MATÉRIAUX, COMPOSANTS ET SOUS-ENSEMBLES PROFESSIONNELS / ÉLECTRONIQUE GRAND PUBLIC
CONDENSATEURS RÉSISTANCES - MOTEURS

130 AVENUE LEDRU-ROLLIN - 75540 PARIS CEDEX 11 - TÉLÉPHONE : (1) 355.44.99

CENTRES INDUSTRIELS ET LABORATOIRES : CAEN - DREUX - ÉVREUX - JOUÉ-LES-TOURS - SURESNES - TOURS
S.A. AU CAPITAL DE 300.000.000 DE F - R.C. PARIS B 672 042 470