

CEA 1596 - AGAISSE R.

ETUDE D'UN PREAMPLIFICATEUR POUR LA DETECTION D'IMPULSIONS FAIBLES DE NEUTRONS ISSUES D'UN MILIEU CRITIQUE (PROSERPINE) (1960).

Sommaire. - Dans une expérience critique, les appareils de détection, de petite taille, fournissent des impulsions faibles. Elles doivent être transportées en dehors de la pile pour y être comptées. Le rapport du signal au bruit de fond est le paramètre important.

Pour le préamplificateur étudié dans ce rapport, le bruit, ramené à l'entrée est de 12 microvolts, ce qui permet de gagner un facteur 2 par rapport aux préamplificateurs usuels.

CEA 1596 - AGAISSE R.

STUDY OF A PREAMPLIFIER FOR THE DETECTION OF WEAK IMPULSES OF NEUTRONS FROM A CRITICAL MEDIUM (PROSERPINE) (1960).

Summary. - In a critical experiment the small detection instruments supply weak impulses, and these must be brought outside the pile for counting. The important parameter is the ratio of the signal to the background.

For the preamplifier studied in this report the background, considered at the input, is 12 microvolts; a factor 2 is thus gained with respect to ordinary preamplifiers.

- RAPPORT C. E. A. N° 1596 -

Services des Expériences Critiques

**ETUDE D'UN PREAMPLIFICATEUR POUR LA DETECTION
D'IMPULSIONS FAIBLES DE NEUTRONS ISSUES D'UN MILIEU CRITIQUE**

(PROSERPINE)

par

AGAISSE R.

- Janvier 1960 -

PREMIER MINISTRE
COMMISSARIAT A
L'ÉNERGIE ATOMIQUE

**ÉTUDE D'UN PRÉAMPLIFICATEUR
POUR LA DÉTECTION D'IMPULSIONS FAIBLES
DE NEUTRONS ISSUES D'UN MILIEU CRITIQUE
(PROSERPINE)**

PAR

R. AGAISSE

Rapport CEA N° **1596**

1960

CENTRE D'ÉTUDES
NUCLÉAIRES DE SACLAY
SERVICE DE DOCUMENTATION
Boite postale n° 2 - Gif-sur-Yvette (S.-et-O.)

ETUDE D'UN PREAMPLIFICATEUR POUR LA DETECTION
D'IMPULSIONS FAIBLES DE NEUTRONS ISSUES D'UN MILIEU CRITIQUE.

(PROSERPINE)

INTRODUCTION

L'avantage d'avoir à sa disposition une chaîne amplificatrice à grand gain et à faible souffle ne se conteste point.

Pour la détection des neutrons thermiques nous avons toute une gamme de compteurs BF_3 . Malheureusement, à mesure que la taille de celui-ci diminue, l'impulsion de sortie en fait de même.

Et dans un autre ordre d'idée, lorsque l'on veut dans un milieu multiplicateur perturber le moins possible le flux, on dispose de petits canaux (10 mm par exemple). Ceci oblige à utiliser des compteurs BF_3 type BB ou des petites chambres à dépôts de bore. Mais les exigences d'un tel milieu vont plus loin car la taille du préamplificateur est telle qu'elle excède toujours 10 mm, et le fait de placer un détecteur au bout d'une "canne" divise d'autant l'impulsion, de par la capacité ramenée.

Le palier se situe donc le plus souvent dans le souffle. L'amplification globale de la chaîne 2 MHz est également un peu juste dans une telle utilisation.

Le problème posé était donc :

- a) augmenter le gain du préamplificateur,
- b) diminuer au maximum le souffle.

Rappels élémentaires sur le souffle d'un tube

Dans un étage amplificateur seul le bruit du premier étage intervient à la

sortie de l'amplificateur, car il se trouve amplifié par toute la chaîne et multiplié par le facteur d'amplification de ce premier étage.

La formule "pratique" donnant l'expression du souffle pour les tubes :

$$\text{triode} \quad : \quad R_b = 2,5/S$$

$$\text{penthode} \quad : \quad R_b = \frac{i_p}{i_p + i_e} \left(\frac{2,5}{S} + \frac{20 i_e}{S^2} \right)$$

D'autre part, le bruit dans un tube est proportionnel à $\sqrt{i_p}$ $v_b = \frac{i_p}{S}$

$$i_{b \text{ eff}} = 5,6 \cdot 10^{-10} \sqrt{i_p (F_2 - F_1)}$$

(pour i_b en ampères et F en cycles)

On voit donc qu'il faut avoir des lampes à grande pente (S) et à faible consommation de i_p .

D'autre part M. GENIN [1] met en évidence le rôle de R_g (résistance de grille); celle-ci doit avoir une valeur maximum d'après l'expression :

$$\overline{U}^2 dt = \frac{4KT_0}{R_g C^2 \omega^2} dF$$

Essais effectués pour la recherche d'une lampe d'entrée

a) la triode

Avec elle on s'affranchit du courant écran; on est donc mieux placé que dans le cas de la penthode. Seulement le gain d'une triode est toujours plus faible. Les tubes E90CC, 6J6, 12AT7, ECC88, 955, 9002 furent essayés. Tous ces tubes, même sous-alimentés, apportent de par leur pente relativement élevée un courant grille trop important, et (R_g) ne peut prendre une valeur trop élevée sans faire fluctuer le potentiel de grille. L'ajustement de R_g nous fait donc passer par un point où le souffle est minimum.

C'est alors qu'il vient à l'idée le montage cascade; le bruit de la triode restant évidemment à la valeur précédente mais le gain augmentant pour atteindre celui d'une penthode, ce montage présente un intérêt.

Les essais furent faits à l'aide de tubes 6BQ7, ECC88, ECC189, 12AY7. Les résistances équivalentes de souffle données par les constructeurs de ces tubes sont voisines de 300 ohms. Il s'est avéré que dans la gamme de fréquences demandées (50 kHz - 2MHz) ce montage n'apporte pas d'amélioration comparé au montage penthode sous alimentée EF42 de

l'AMP 249.

b) la penthode

Les tubes 6AH6, 6AK5, 6AK6, EF80, 6AM6, E80F furent essayés. Des tubes cités ci-dessus seul le 6AK5 apporte un souffle comparable à l'EF42 de l'AMP 249.

La polarisation du tube étant automatique, le courant grille mesuré au régime de fonctionnement choisi est inférieur à 10^{-9} ampère et ses fluctuations sont de l'ordre de 10^{-14} ampère.

La variation du chauffage (tension continue) permet de constater que pour l'EF42 et la 6AK5 c'est à 6,3 volts que le bruit fut minimum. Les tubes utilisés pour ces essais étaient tous rodés; il s'ensuit qu'à la tension normale de chauffage, l'effet grenaille du tube est moindre que sous chauffé.

Ces deux lampes ayant un courant grille bien inférieur aux triodes essayées, c'est alors que ces penthodes furent soumises au montage triode. Dans ce montage on devait obtenir des résultats très encourageants (facteur 2 par rapport au montage penthode) sans toutefois que le gain fit un bond, car il passait de 26 à 20 au régime choisi (conditions optima pour le courant i_p et i_g). Ces régimes ayant été trouvés expérimentalement pour ces deux tubes, l'EF42 et la 6AK5 donnèrent des résultats très comparables.

Cependant le facteur température étant important dans le domaine de 20°C à 80°C sur le souffle d'un préamplificateur, le tube 6AK5 chauffant avec 0,175A contre 0,33A pour l'EF42 lui fut préféré; son encombrement est également plus réduit.

La lampe d'entrée trouvée, le préamplificateur fut réalisé suivant le schéma classique à trois tubes.

Détails du préamplificateur

Le premier étage est une 6AK5 montée en triode.

Les deux étages suivants sont confiés au tube 6U8.

La partie penthode 6U8 est à pente moyenne de 5,2 ce qui procure un coefficient d'amplification de 66.

Quant à la partie triode de 8 mA/V de pente et 18 mA de courant plaque, elle donne un gain de 0,52 en montage cathode follower avec 125 ohms de résistance de cathode.

Au total le gain est donc : $20 \times 66 \times 0,5 = 660$.

Le gain définitif est ajusté par une contre-réaction d'intensité à 50, ce qui donne une boucle de contre-réaction de 18 db. Cette boucle permet une stabilité de 0,5 % pour des variations secteur de 10 %; le vieillissement des tubes n'apporte que peu de variation au gain. La détection des impulsions dans ce problème ne demande pas une bande passante supérieure à 2 Mcs. Le pré-amplificateur devant être linéaire en amplification jusqu'à 2 MHz, cela nous amène à -6db à près de 8 MHz. Le bruit étant directement lié à la bande de fréquences amplifiée, on a donc du bruit supplémentaire dont on pourrait fort bien se passer. La bande fut donc limitée à 2 MHz, et une self amortie par 2,7 k Ω placée dans le circuit cathode de la penthode, bloque celle-ci pour les fréquences supérieures à 3 MHz.

Il est à noter que la solution deux tubes permet le chauffage total en continu du pré-amplificateur. Aucune tension alternative n'étant utilisée, le souffle et les sources d'accrochage diminuent.

Un filtre amovible à deux cellules isolées à 2000 volts pour compteur BF₃ est ajouté à l'avant du pré-amplificateur. La résistance d'entrée du pré-amplificateur étant de 10⁹ ohms, la prise Bernier de l'entrée signal doit être sérieusement contrôlée. Il en est de même des prises montées sur les chambres compteurs, où l'isolement de ceux-ci entre âme et masse doit être parfait.

Ce pré-amplificateur comparé à l'AMP 249 nous donne un souffle légèrement inférieur pour un gain double. De plus l'isolement (par le blindage) du tube d'entrée, ne confère à ce pré-amplificateur aucune tendance à l'accrochage.

Essais

Ce type de pré-amplificateur fut utilisé sur une chaîne de spectrométrie α utilisant une chambre à grille; les résultats sont comparés avec un pré-amplificateur classique (fig. 1 et 2).

La comparaison est faite également sur le compteur BF₃ type BB (fig. 3).

N. B. Ce pré-amplificateur ayant été conçu pour suppléer dans certains cas à l'AMP 249, il est interchangeable avec celui-ci. Cependant, pour l'alimentation en 6,3 volts continu, il faut modifier l'alimentation en court-circuitant une self de filtrage (la surcharge étant parfaitement admise par l'autre self et le courant augmentant, le filtrage reste du même ordre).

On ajustera R pour obtenir 6,3 volts.

Très important : ne pas enlever une lampe dans le pré-amplificateur sans couper le chauffage car la tension croît notablement dans ce cas. Pour pallier ce petit inconvénient, une iode Zener limitant la tension à 6,3 volts peut-être ajoutée.

Remarque : Les tubes 6AK5 employés sont du type W; ils sont dégazéifiés et rodés, après quoi une sélection au "pentemètre" s'impose; des tubes restant, le tri s'effectue sur la chaîne en fonctionnement où l'on choisit les tubes donnant le moindre bruit. Dans le pré-amplificateur décrit ici, le bruit ramené à l'entrée est de l'ordre de 12 microvolts.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] GENIN Robert.
Electronique et Physique Nucléaire.

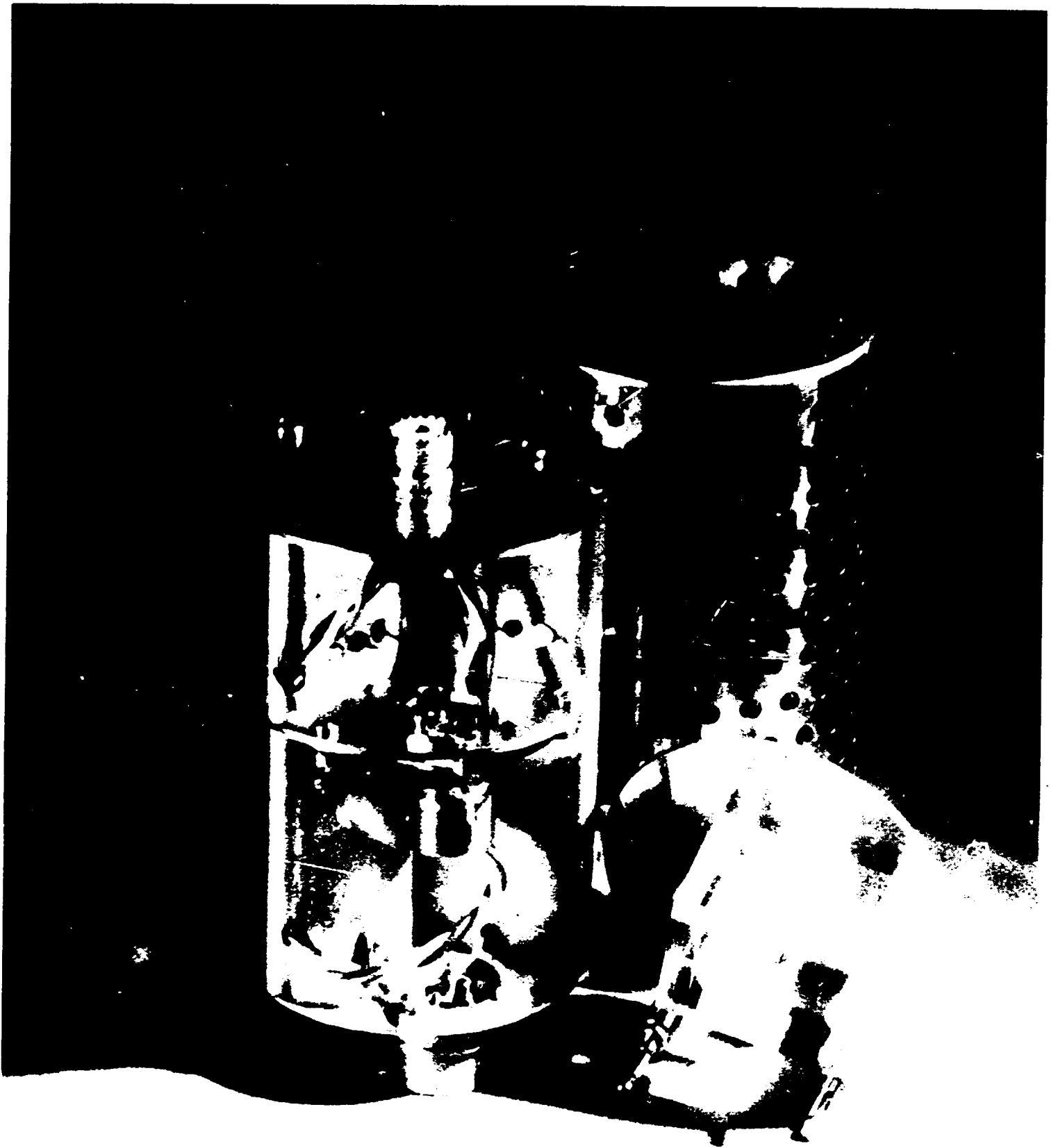


Figure 1

168

Analyse d'un échantillon
de U_{233} , Pu_{239} , Pu_{238}

avec le préamplificateur
AMP 249

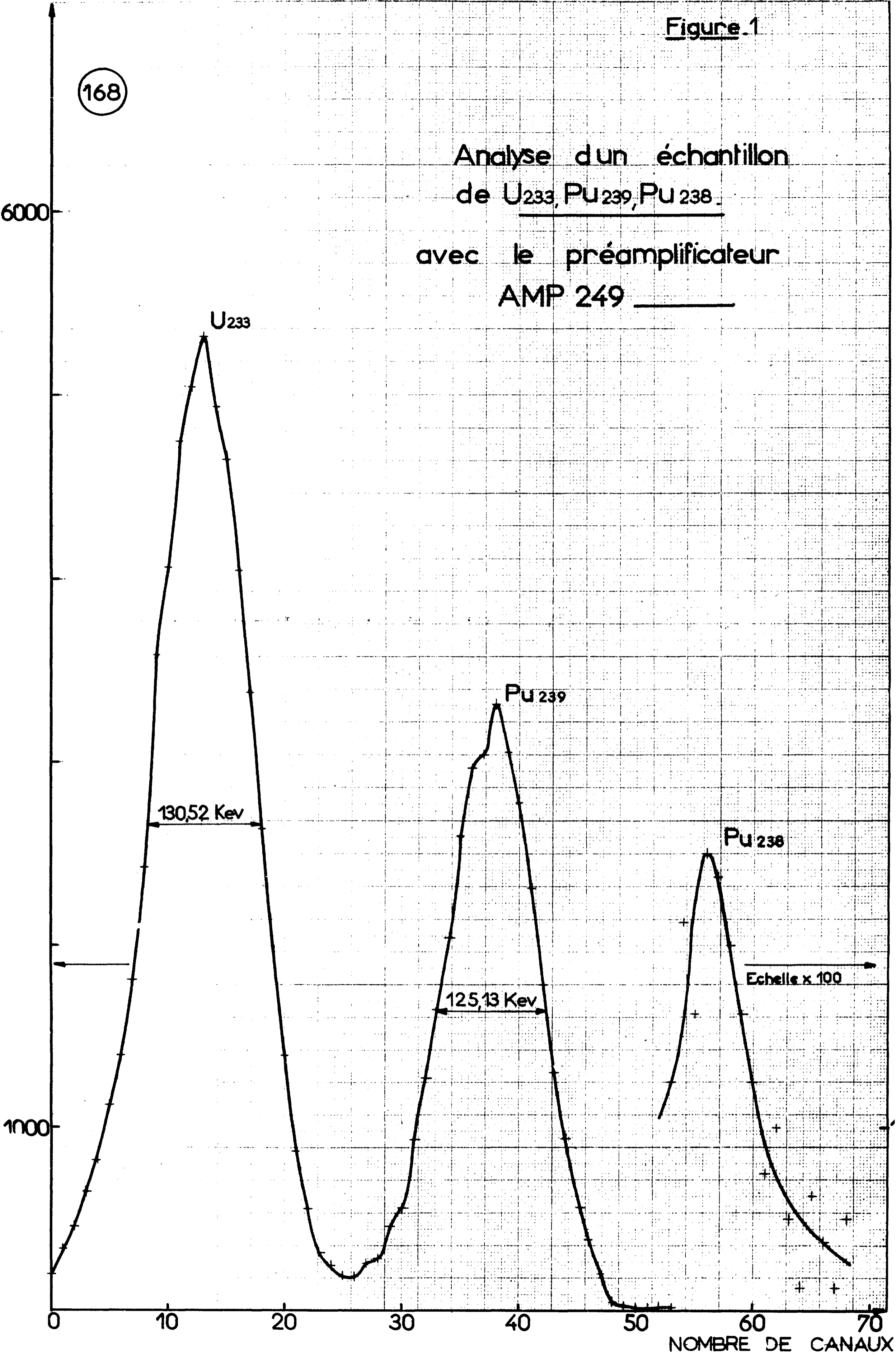
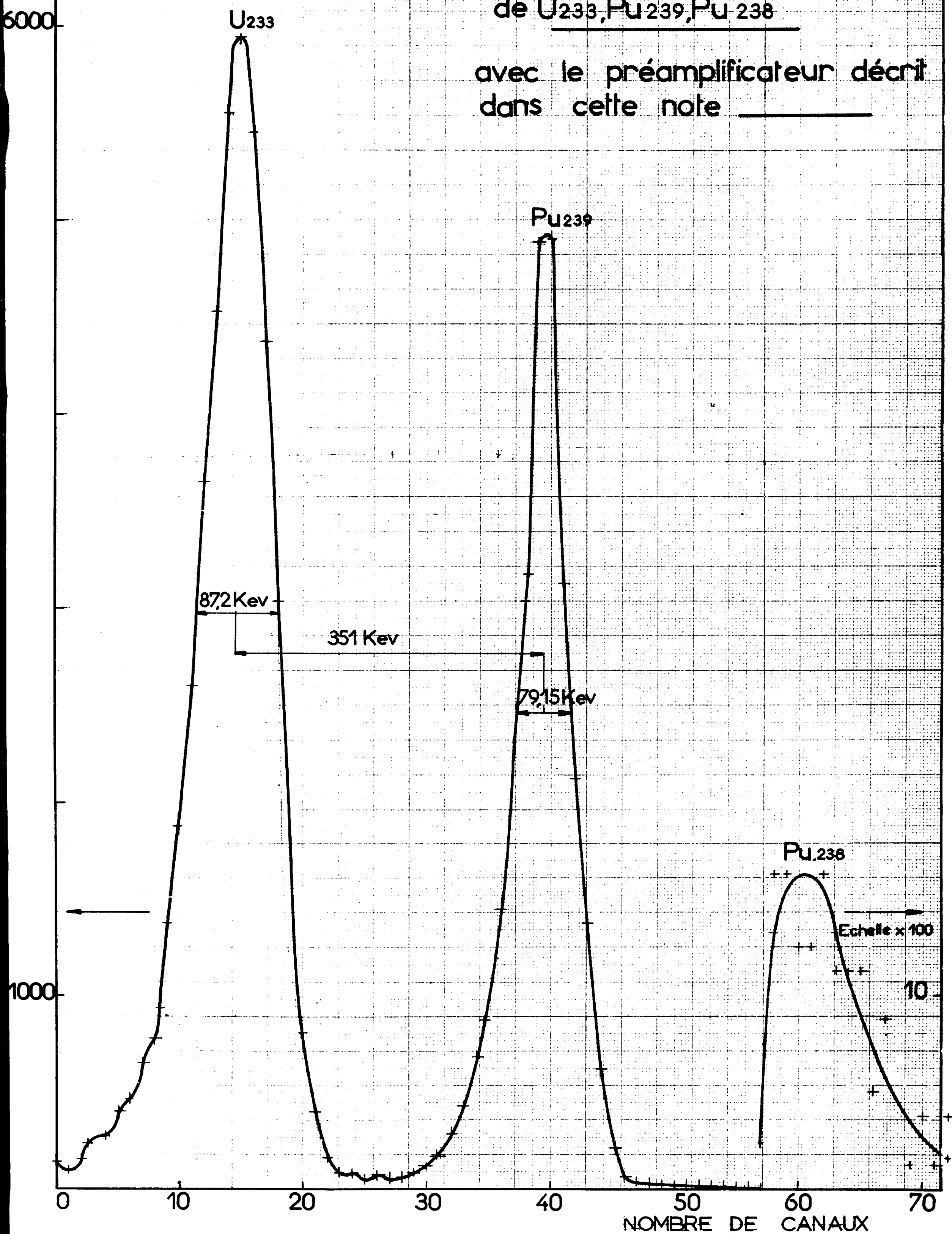


Figure 2

167

Analyse d'un échantillon
de U_{233} , Pu_{239} , Pu_{238}

avec le préamplificateur décrit
dans cette note _____



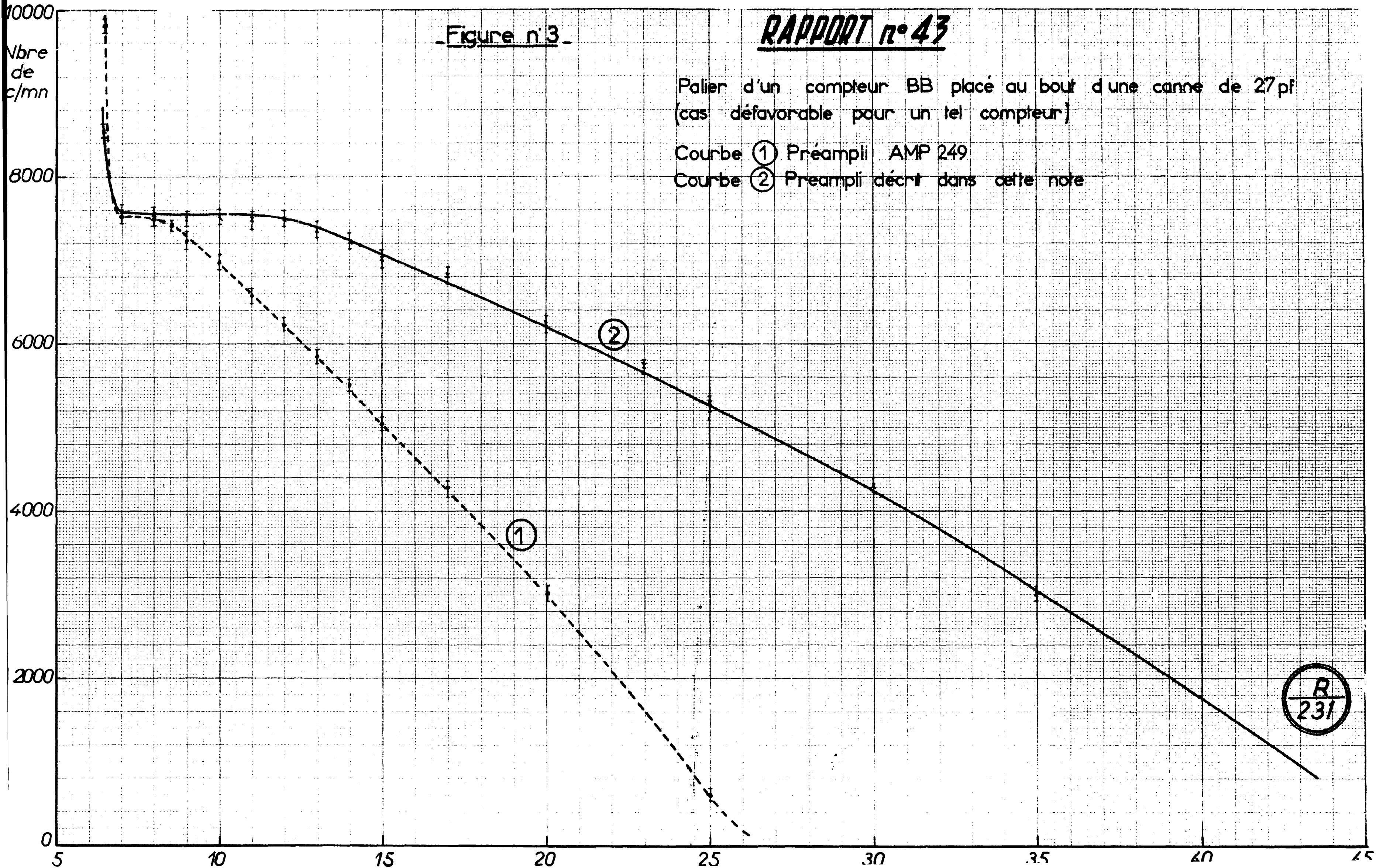
RAPPORT n° 43

Figure n° 3

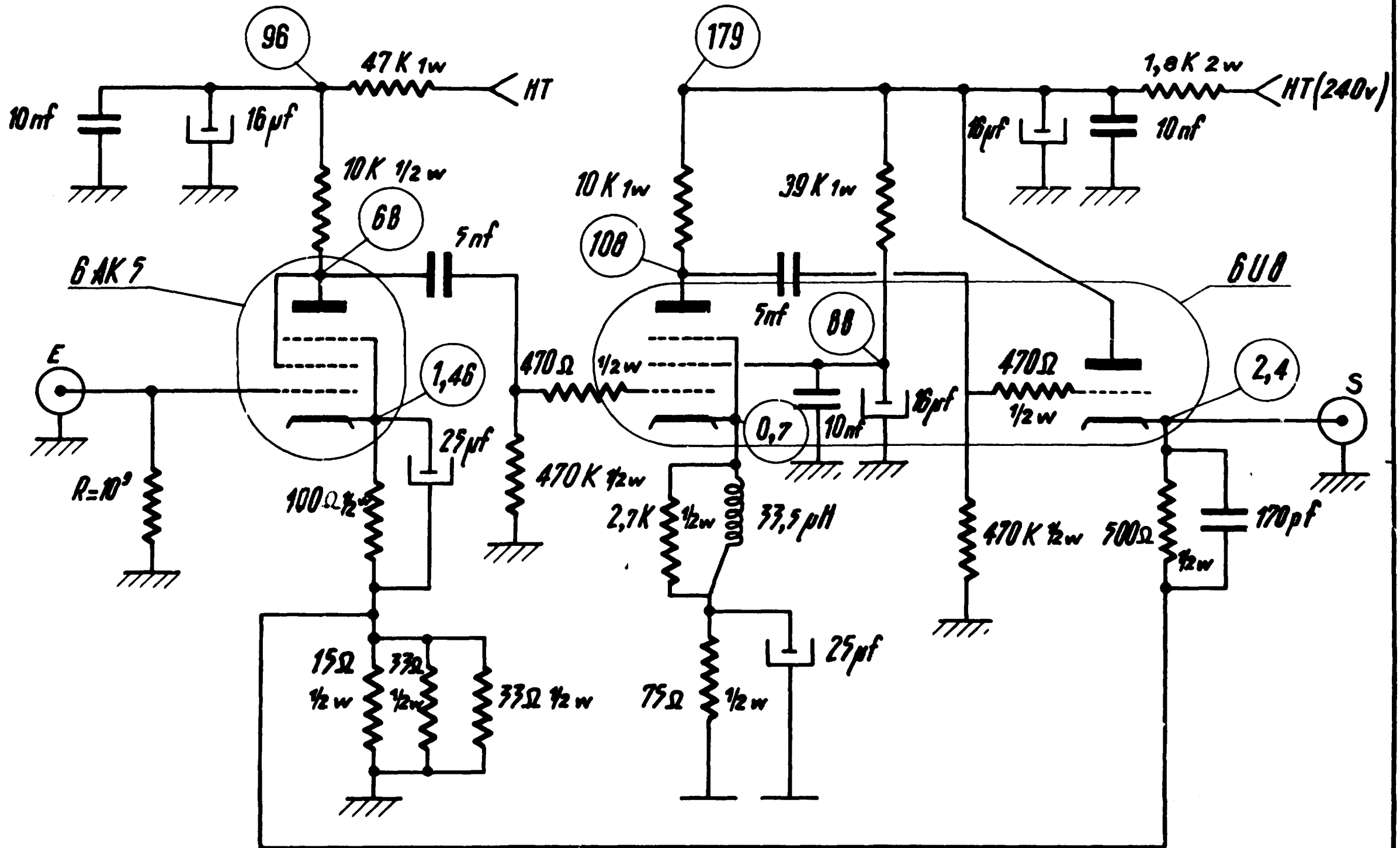
Palier d'un compteur BB placé au bout d'une canne de 27 pf
(cas défavorable pour un tel compteur)

Courbe ① Préampli AMP 249

Courbe ② Préampli décrit dans cette note



SCHEMA DU PREAMPLIFICATEUR



FIN