

## Dosimétrie à l'intérieur du collimateur d'une source de cobalt

A. BARUSSAUD, M. BERNARD (\*)

(Manuscrit reçu le 5 mars 1974)

### RÉSUMÉ

A l'aide de trois dosimètres judicieusement choisis pour leur réponse en fonction de l'énergie, il apparaît que les caractéristiques énergétiques du faisceau de photons demeurent constantes de l'isocentre à quelques centimètres de la source et qu'ainsi, une dosimétrie est possible à l'intérieur du collimateur d'une source de cobalt.

De plus, la comparaison des résultats de cette dosimétrie expérimentale et de celle qui peut être calculée à partir d'une source fictive, homogène et isotrope, montre que le rôle principal du collimateur est de simuler un agrandissement des dimensions de la source réelle, en particulier de son rayon.

### ABSTRACT

Using three dosimeters selected for their responses as a function of energy, the energetic characteristics of the photon beams appeared to remain constant from the iso-centre to a few centimetres from the source, thus making dosimetry inside a cobalt source collimator possible. Furthermore, a comparison of the results of experimental dosimetry with the calculated values for a fictive, homogeneous and isotropic source showed that the main function of the collimator is to simulate an enlargement of the size of the real source, its radius especially.

### INTRODUCTION

Pour mesurer la dose absorbée dans un matériau quelconque, il est nécessaire de connaître l'énergie du rayonnement utilisé. A l'isocentre de la source de cobalt, la dosimétrie est effectuée à l'aide de dosimètres étalonnés

---

(\*) Laboratoire des Radiations ionisantes « A », Faculté des Sciences, 123, rue Albert-Thomas, 87100 Limoges.

classiquement pour les énergies du cobalt. Mais, plus près de la source, il est important de savoir si la répartition énergétique des photons se modifie, donc si l'énergie moyenne du rayonnement varie entre l'isocentre et l'intérieur du collimateur. En effet, au faisceau de photons primaires, s'ajoutent les photons de basses énergies provenant principalement des interactions Compton avec le matériau entourant la source.

A l'aide de trois dosimètres, on montre que l'énergie moyenne du faisceau n'est pratiquement pas modifiée de l'isocentre à l'intérieur du collimateur. Ce résultat permet donc une dosimétrie en tous les points de l'axe du faisceau jusqu'à quelques centimètres de la source. Enfin, en comparant les résultats expérimentaux à ceux que donnerait la loi de l'inverse des carrés des distances, on montre que le rôle du collimateur est de simuler un agrandissement des dimensions de la source, principalement de son rayon.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'appareil utilisé est du type JUNIOR II de la société BARAZZETTI-MONZA (Italie). La source, d'une activité de 350 Ci au moment des expériences, se trouve à 50 cm de l'isocentre. Le collimateur est réalisé par un assemblage de plaques de tungstène entrecroisées, ayant la forme d'une pyramide à base carrée. Son ouverture est maintenue maximale pour toute les irradiations (champ de  $15 \times 15$  cm à l'isocentre).

Pour étudier qualitativement l'évolution du spectre énergétique entre l'isocentre et la source, des dosimètres étalonnés pour les énergies du cobalt 60 ont été choisis pour leurs réponses indépendantes du débit de dose, mais variant en fonction de l'énergie des photons. Ainsi, en prenant des dosimètres qui ont des réponses énergétiques différentes, c'est-à-dire qui ne « réagissent » pas de la même façon aux photons de basses énergies, ils permettent, par leurs réponses propres, de mettre en évidence les modifications du spectre énergétique à l'intérieur du collimateur par rapport au spectre à l'isocentre.

Les trois dosimètres retenus sont les suivants : dosimètre à « l'alanine », dosimètre « verre au cobalt », dosimètre de « FRICKE ». Leurs réponses respectives, en fonction de l'énergie des photons sont représentées sur les figures 1, 2 et 3.

Le premier a des réponses qui décroissent avec l'énergie, le second des réponses qui croissent. Quant au troisième, ses réponses sont sensiblement indépendantes de l'énergie lorsqu'elles sont comparées à celles des deux dosimètres précédents.

Lors des irradiations, les dosimètres sont placés dans une enveloppe de plexiglas d'épaisseur suffisante pour assurer l'équilibre électronique. Cette enveloppe sert aussi de support pour placer les dosimètres dans des conditions de géométrie reproductibles.

L'irradiation  $\gamma$  du dosimètre à l'alanine produit des radicaux, en nombre proportionnel à la dose absorbée [3], et mesurables par résonance paramagnétique électronique [2]. La réponse du dosimètre « verre au cobalt » est obtenue en reportant sur une courbe d'étalonnage la densité optique du verre vierge déduite de celle du verre irradié mesurée dans l'ultraviolet à 350 nm [4]. En effet, à cette longueur d'onde, les photons  $\gamma$  induisent une bande d'absorption dont l'intensité croît de façon linéaire

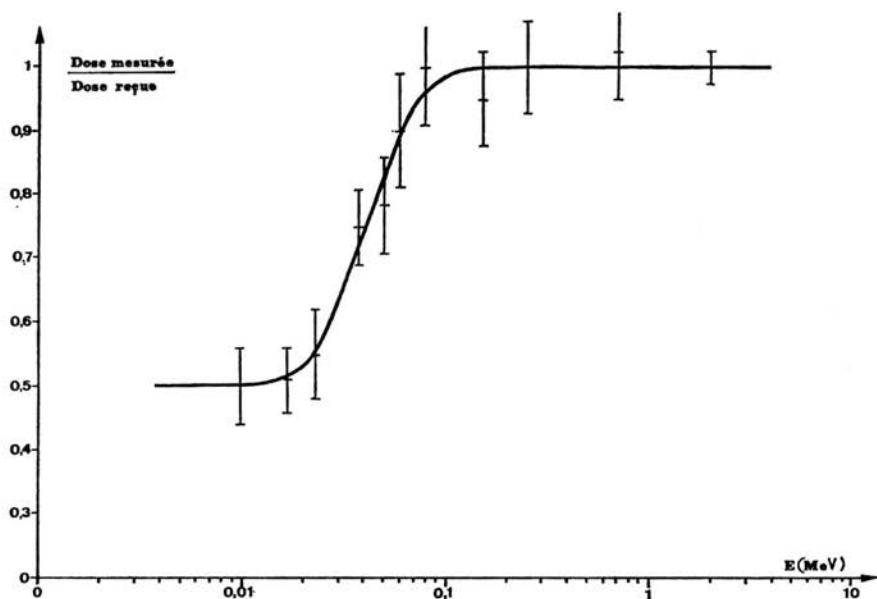


FIG. 1. — Sensibilité énergétique du dosimètre « alanine » dans le cas des tissus [2].

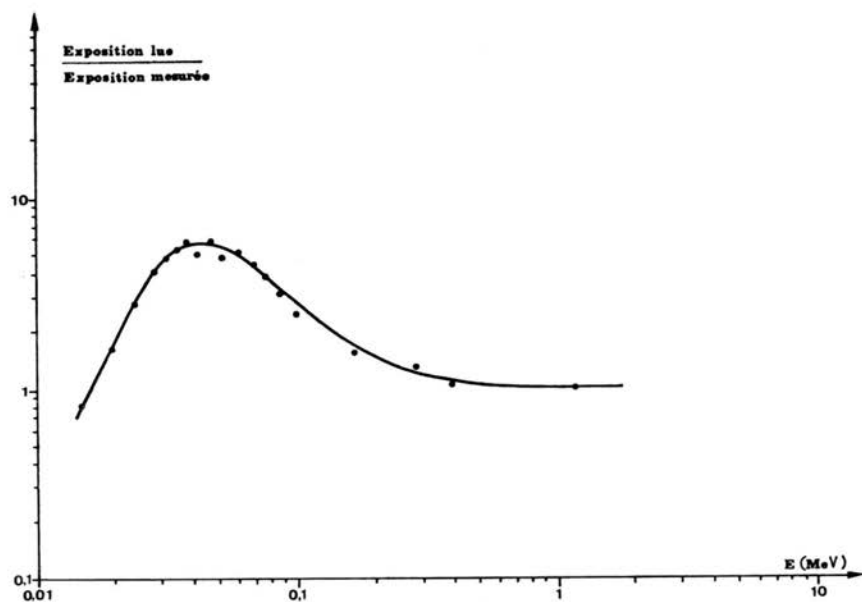


FIG. 2. — Sensibilité énergétique des verres PB 33 [3].

avec la dose absorbée [6]. Quant à l'irradiation du dosimètre de FRICKE, elle produit l'oxydation radiochimique de l'ion ferreux en solution acide. Ainsi, la mesure de la concentration en ions ferriques par spectrophotométrie dans l'ultraviolet (304 nm) permet de déterminer la dose absorbée [5, 8].

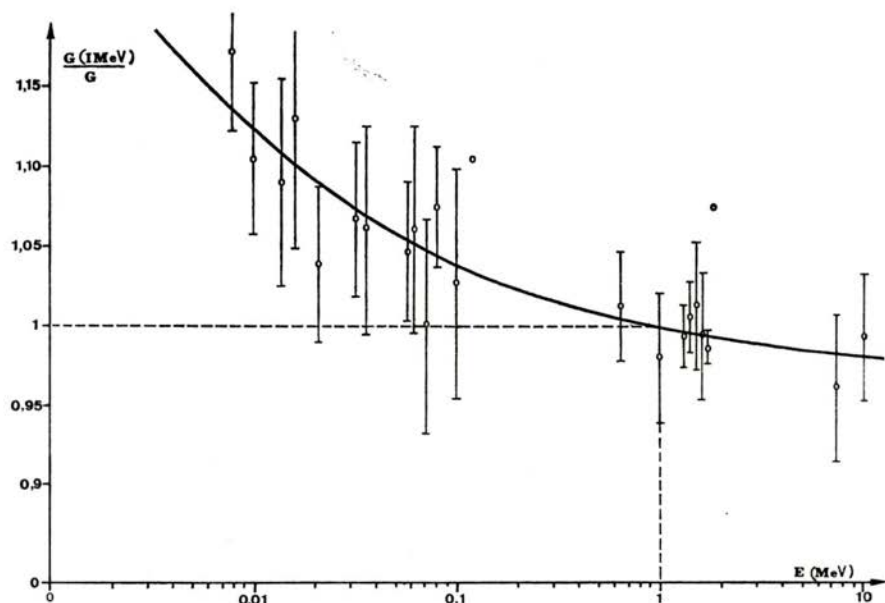


FIG. 3. — Sensibilité énergétique relative du dosimètre de FRICKE (réponse unité à 1 MeV). [7].

## RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX

Les résultats expérimentaux obtenus avec les trois dosimètres sont groupés sur la figure 4. Ils sont présentés sous la forme de la variation du rapport des débits de dose absorbée dans le plexiglas, à la distance  $x$  de la source et à l'isocentre, en fonction de la distance  $x$  à la source ( $x$  variant entre 6 et 50 cm). Les réponses de chaque dosimètre sont rapportées à l'isocentre afin de les rendre indépendantes des différences d'étalonnage et de pouvoir les comparer entre elles.

Compte tenu de la précision des mesures (*fig. 4*), il n'y a pas de différence significative de réponse entre les trois dosimètres. On en déduit que le spectre de photons n'est pratiquement pas dégradé de l'isocentre à la source et qu'il est alors possible d'effectuer une dosimétrie à l'intérieur du collimateur avec des dosimètres étalonnés pour les photons du cobalt.



Sur la figure 4 sont également représentées les variations de  $(\dot{D}_x/\dot{D}_{50})_{A,V,F}$  en fonction de la distance  $x$  d'après la loi de l'inverse des carrés des distances pour une source ponctuelle.

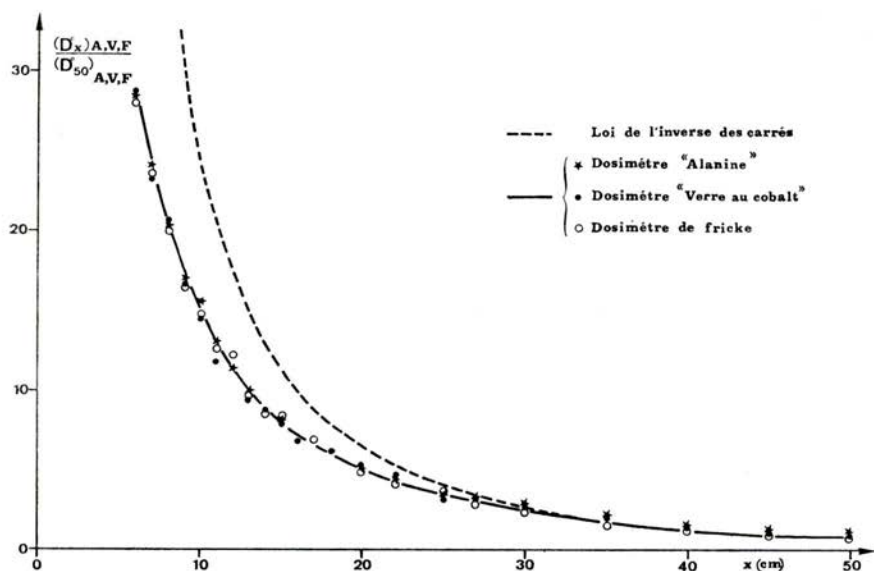


FIG. 4. — Variation de  $(\dot{D}_x)_{A,V,F}/(\dot{D}_{50})_{A,V,F}$  en fonction de la distance  $x$  à la source pour les différents dosimètres.

Les divergences existant entre les résultats expérimentaux et ceux de cet état fictif peuvent être interprétées.

## INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

La loi de l'inverse des carrés des distances n'est valable que pour une source ponctuelle. Or, celle de la source ne peut être considérée comme telle, puisque ses dimensions sont les suivantes : hauteur 5 cm et diamètre 2 cm. Dans un premier temps, voyons si les dimensions réelles de la source permettent d'expliquer les divergences.

Soit un modèle théorique, représenté sur la figure 5, où, pour simplifier les calculs, la source fictive est homogène et isotrope. Calculons, à l'aide de ce modèle, les variations de  $(\dot{D}_x/\dot{D}_{50})$  en fonction de la distance  $x$  à la source. Les débits de dose en deux points quelconques de l'axe du faisceau sont dans un rapport directement proportionnel au nombre de photons qui traversent le dosimètre dans ces différentes positions. Il suffit donc de calculer

le nombre de photons  $N_x$  qui traversent le dosimètre à la distance  $x$  de la source :

$$N_x = \frac{Xs}{2v} \int_0^b dr \int_x^{x+h} \frac{zr}{(r^2+z^2)^{3/2}} e^{-\mu((z-x)/z)} \sqrt{r^2+z^2} dz,$$

où  $X$  est l'activité totale de la source,

$v$  le volume de la source,

$s$  la surface du dosimètre,

$\mu$  le coefficient d'atténuation de la source.

Les autres paramètres sont représentés sur la figure 5.

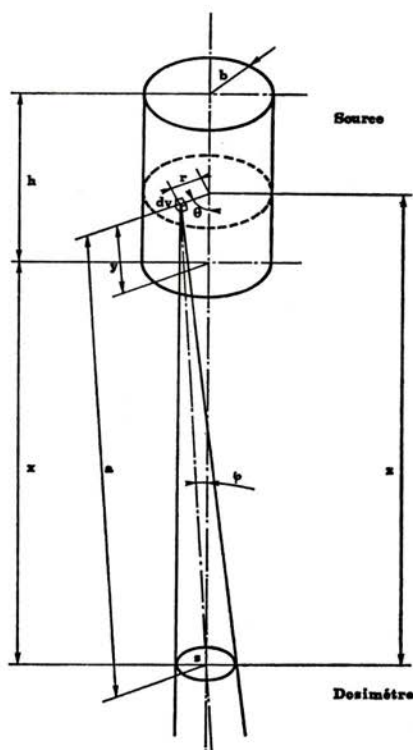


FIG. 5. — Modèle théorique.

Pour présenter les résultats, un nouveau paramètre  $K$  est introduit :

$$K = \frac{(\dot{D}_x/\dot{D}_{50})_{E,c}}{(\dot{D}_x/\dot{D}_{50})_L}$$

$(\dot{D}_x/\dot{D}_{50})_{E,C}$  et  $(\dot{D}_x/\dot{D}_{50})_L$  sont les rapports des débits de dose à la distance  $x$  de la source et à l'isocentre. Dans le cas expérimental, ils sont représentés par l'indice  $E$ , dans le cas calculé par  $C$ , et dans le cas de la loi de l'inverse

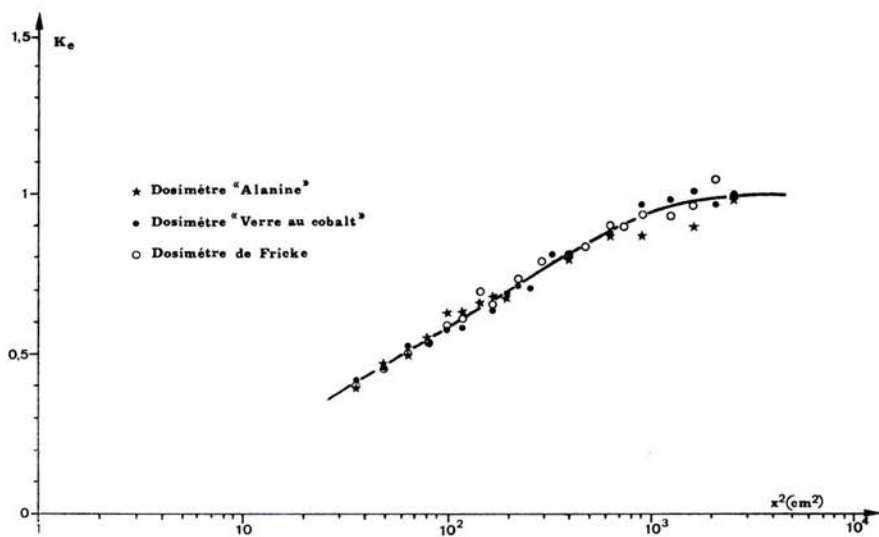


FIG. 6. — Variation de  $K_C$  en fonction du carré de la distance à la source.

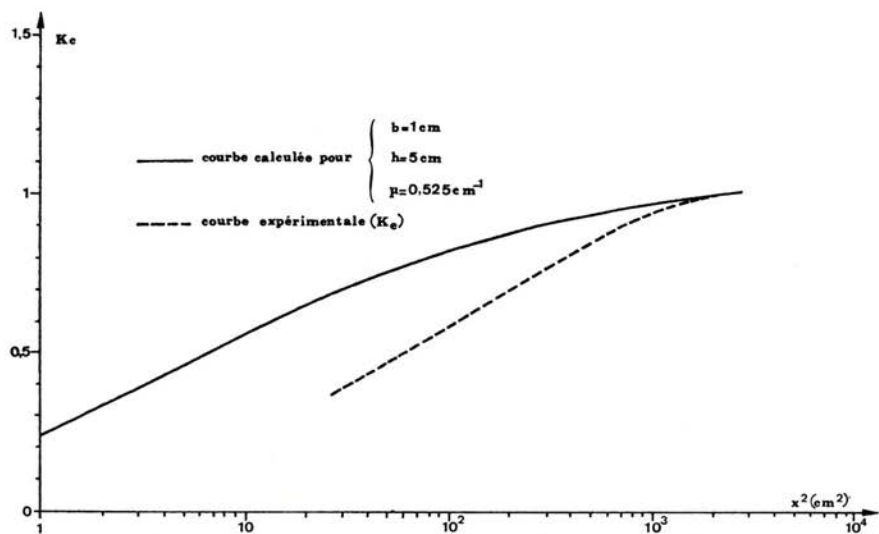


FIG. 7. — Variation de  $K_C$  en fonction du carré de la distance à la source.

des carrés des distances par  $L$ . Ainsi on aboutit à deux valeurs de  $K$ ;  $K_E$  qui est défini à partir des valeurs expérimentales et  $K_C$  à partir des valeurs calculées à l'aide du modèle théorique.

Sur la figure 6 sont représentées les variations de  $K$  en fonction du carré de la distance à la source. On constate que la courbe calculée ( $K_C$ ) avec les dimensions de la source réelle ne se superpose pas aux valeurs expérimentales ( $K_E$ ).

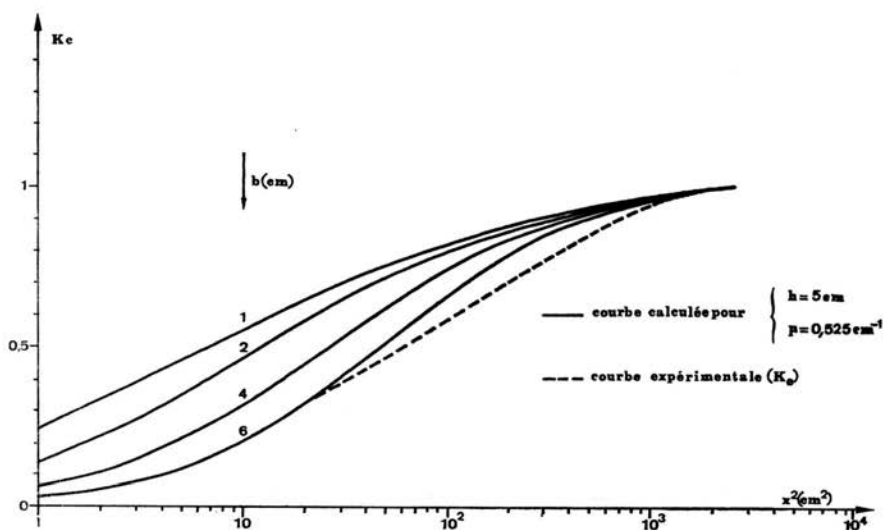


FIG. 8. — Variation de  $K_C$  en fonction du carré de la distance à la source pour différentes valeurs du rayon de la source.

Comme les dimensions de la source réelle ne suffisent pas, à elles seules, à expliquer l'écart entre  $K_C$  et  $K_E$ , on recherche si le coefficient d'atténuation fournit une explication complémentaire. Mais on montre que, sauf pour des distances à la source inférieures à 4 cm,  $\mu$  n'a pratiquement aucune influence sur  $K$  [1].

Les dimensions que doit avoir la source fictive pour que  $K_C$  soit égal à  $K_E$  ont pu être calculées par ordinateur. L'augmentation de la hauteur de la source fictive ne permet pas de « ramener » les valeurs de  $K_C$  à celles de  $K_E$  [1]. Par contre, il suffit d'accroître le rayon jusqu'à des valeurs comprises entre 6 et 7 cm pour que les deux courbes soient confondues. Les figures 7 et 8 visualisent ce fait.

La présence du collimateur peut être considérée comme responsable de cette « dilatation » des dimensions de la source. En effet, les photons qui, après interaction dans le collimateur traversent le dosimètre, semblent venir d'une source fictive de rayon supérieur à celui de la source réelle. L'ensemble source réelle plus collimateur est équivalent à une source fictive de rayon supérieur à la source réelle.



## CONCLUSION

A la suite de cette étude, il paraît possible de faire une dosimétrie à l'intérieur du collimateur d'une source de cobalt. Pour cela, il suffit d'utiliser un dosimètre étalonné pour les rayons  $\gamma$  du cobalt 60, car l'énergie moyenne du faisceau de photons reste pratiquement la même de l'isocentre à quelques centimètres de la source.

On conçoit tout l'intérêt que présente la constance de la qualité du rayonnement au voisinage immédiat de la source lorsque des irradiations à fort débit de dose sont nécessaires.

En essayant d'interpréter les résultats expérimentaux, et en les comparant à ceux calculés d'après une source fictive, homogène et isotrope, on déduit que le rôle du collimateur se résume à une augmentation des dimensions de la source réelle, principalement de son rayon.

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] BARUSSAUD A. Photons gamma du cobalt 60. Dosimétrie à l'intérieur du collimateur d'une bombe. Thèse de spécialité n° 1655, Toulouse, 1974.
- [2] BERMAN F., DE CHOUDENS H. et DESCOURS S. Application à la dosimétrie de la mesure par résonance paramagnétique électronique des radicaux libres créés dans les acides aminés. In : *Advances in physical and biological radiation detectors*, Vienne, AIEA, 1971, 311-325.
- [3] BRADSHAW W. W., CADENA D. G., CRAWFORD G. W. et SPOTZLA H. A. W. The use of alanine as a solid dosimeter, *Radiat. Res.*, 1962, 17, 11-12.
- [4] CHAPUIS A. M. Communication personnelle.
- [5] FRICKE H. et HART E. J. Chemical dosimeter, In : *Radiation dosimetry* (ATTIX F. H., Ed), New York, Academic press, 1966, 167-239.
- [6] GÉRARD F. Réponse des verres dosimètres aux fortes irradiations  $\gamma$ . *Radioprotection*, 1969, 4, 279-294.
- [7] SHALECK R. J., SINCLAIR W. K. et CALKINS J. C. The relative biological effectiveness of 22-Mevp X-rays, cobalt-60  $\gamma$  rays, and 200 Kvep X-rays. II., *Radiat. Res.*, 1962, 16, 344-351.
- [8] WAMBERSIE A. Application de la dosimétrie chimique ( $\text{FeSO}_4$ ) à la mesure de la dose absorbée pour les faisceaux de photons et d'électrons de haute énergie. Thèse, Louvain, 1967 et *J. Belge Radiol.*, 1967, monographie n° 1.