

DOSIMÉTRIE PHOTOGRAPHIQUE : CALIBRAGE BÊTA-GAMMA

M. P. OLIVARES et S. PÉREZ MODREGO

Division de Radiophysique, Hôpital de San Juan de Dios, Madrid

Abstract—Photographic radiation dosimetry may be defined as the measurement of the dose of a particular electromagnetic or corpuscular radiation by means of establishing a one-to-one correspondence between dose and photographic effect. It is therefore of importance to delineate the terms dose and photographic effect clearly and to understand the difficulties inherent in the measurement of these quantities. The International Commission on Radiation Units recommended that dose be expressed in terms of the quantity of energy absorbed per unit mass of irradiated material at the place of interest. Measurements of the photographic effect are made in terms of diffuse transmission density, representing the logarithm to base 10 of the opacity of a processed photographic film sample. The difficulty in relating dose to photographic density lies in the fact that while the roentgen is a measure of radiation absorbed in air, the photographic action of X- or γ -radiation is essentially the result of ionization in the silver-halide crystals of the photographic emulsion and in the materials surrounding it.

In this paper the fundamentals of photographic dosimetry are set forth, making next a study of the characteristic curve in different types of films exposed to the radiations emitted by radium and cobalt sources of different exposure intensity. Then a study is made on the variation of the characteristic curve with the conditions of processing, the film emulsion, the irradiation rhythm, the energy spectrum of the radioactive source employed, and the different types of films, indicating the most convenient conditions to carry out a good calibration. Similarly, the possibilities of the films studied in individual radiological controls are discussed.

1. INTRODUCTION

Une des premières méthodes connues pour détecter les radiations consiste en une pellicule photographique qui s'impressionne en recevant un faisceau de radiation électromagnétique. Ce procédé a été l'objet d'un grand intérêt ces dernières années étant donné les avantages qu'il offre sous certains aspects si nous le comparons avec les autres méthodes utilisées.

La pellicule photographique est relativement économique et résistante. Par l'effet des radiations, les cristaux d'halogénure d'argent subissent des modifications, permanentes jusqu'à un certain point; avec un calibrage approprié, la densité optique d'une pellicule développée et fixée, peut servir d'indice d'exposition aux radiations. La densité optique ne change pas même si la lecture est faite plusieurs fois ou si le temps de magasinage est prolongé, à condition que celui-ci soit réalisé dans des conditions

convenables, les dosimètres photographiques sont le moyen préféré de surveillance dans la plupart des laboratoires bien que la méthode exige une certaine quantité d'appareils pour le calibrage, le traitement et la densitométrie des films.

2. CALIBRAGE BÊTA-GAMMA

Pour utiliser la pellicule photographique comme dosimètre, on a besoin d'établir une relation quantitative entre l'effet photographique et l'irradiation. Pour cela il faut calibrer le film.

La pellicule photographique n'a pas les conditions idéales pour mesurer quantitativement une dose d'irradiation, en surveillance radiologique individuelle. Entre les pellicules et les tissus vivants existe une différence considérable en ce qui concerne la composition chimique. C'est pour cela que la réponse de la pellicule

photographique à l'irradiation est différente de celle des tissus. On peut obtenir une réponse comparable quand l'énergie des radiations est telle que l'épaisseur de la pellicule reste petit en comparaison avec le parcours de la radiation corpusculaire primaire ou secondaire créée par l'effet photographique, car dans ce cas les conditions tissulaires peuvent être simulées en entourant la pellicule d'un matériel équivalent au tissu pour obtenir l'équilibre électronique. De cette manière nous pouvons établir une

conditions nécessaires; pour cela il nous suffit de vérifier dans la pièce la loi de variation avec l'inverse du carré de la distance. Si le résultat est affirmatif, il n'y a pas de dispersion et le calibrage peut être réalisé.

Nous avons mesuré des expositions à différentes distances connues avec un condiomètre L-124 de capacité 10 R, nous avons réalisé les lectures dans un appareil de mesure L-64 et nous avons obtenu les résultats donnés dans le tableau 1

Tableau 1. Dispersion dans la Salle de Calibrage

Distance (d cm)	Exposition (X R/h)	X_1/X_1	d_1^2/d_1
$40 \pm 0,1$	$11,000 \pm 0,500$	$4,007 \pm 0,001$	4
$80 \pm 0,1$	$2,750 \pm 0,050$	$9,01 \pm 0,01$	9
$120 \pm 0,1$	$1,210 \pm 0,020$	$16,01 \pm 0,01$	16
$200 \pm 0,1$	$0,680 \pm 0,006$		

relation entre la distribution des densités optiques dans une pellicule photographique noircie par l'action d'une irradiation et la distribution de dose aux points antérieurement occupés par le film dans le milieu irradié. Pour étudier cette distribution du point de vue quantitatif nous avons à construire préalablement les courbes de calibrage correspondant à ce type de pellicule et de radiation, en irradiant une série de films avec des expositions connues.

3. CONDITIONS DE DISPERSION DANS LA SALLE DE CALIBRAGE

Afin que les mesures de dose obtenues avec un film soient exactes, il faut que les expositions des pellicules soient parfaitement déterminées. Nous pouvons connaître à chaque instant l'exposition en un point en la mesurant avec une chambre d'ionisation, mais les expositions reçues par une pellicule placée au même point peuvent être différentes de l'exposition mesurée si dans la salle où se réalise l'irradiation existe une réflexion des particules sur les murs car il peut arriver qu'une des particules en changeant sa direction ou son sens tombe sur la pellicule introduisant ainsi un motif d'erreur. Pour cette raison, si nous désirons réaliser un calibrage, il est indispensable que nous vérifions préalablement si la pièce choisie à cet effet remplit les

Les valeurs obtenues vérifient la loi de variation avec l'inverse du carré de la distance et par conséquent il n'y a pas de dispersion dans la salle de calibrage.

4. COURBES CARACTÉRISTIQUES POUR DIFFÉRENTS TYPES DE FILM

Nous avons construit les courbes caractéristiques des types de films suivants: DuPont 556-44; DuPont 556-39; Kodak, Ilford, Mafe en utilisant:

1. Une source de Co-60 d'intensité d'exposition 12 R/h à une distance de 40 cm.

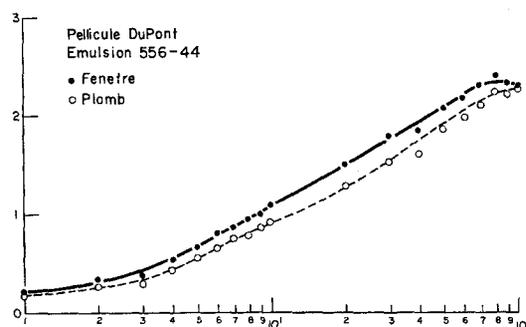


FIG. 1A. Variation de la densité optique à la fenêtre et sous plomb en fonction de l'exposition pour un film DuPont 556-39.

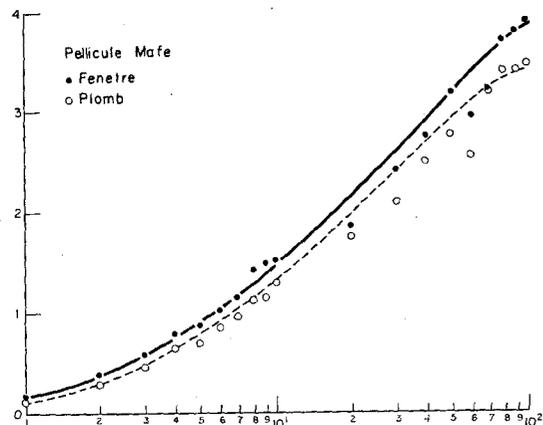


FIG. 1b. Variation de la densité optique à la fenêtre et sous plomb en fonction de l'exposition pour un film Mafe.

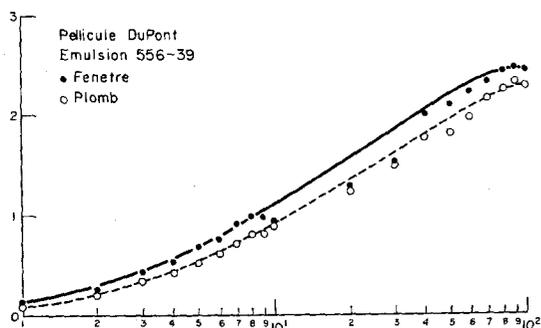


FIG. 1c. Variation de la densité optique à la fenêtre et sous plomb en fonction de l'exposition pour un film DuPont 556-44.

2. Une source de Ra-226 d'intensité d'exposition 50,42 mR/h à une distance de 40 cm.

Les films ont été préalablement marqués pour permettre de les identifier après. Les pellicules ont été irradiées enfermées dans un cadre de métal, avec un filtre de plomb de 1 mm d'épaisseur et doté d'une fenêtre qui permet aux particules bêta d'atteindre le film.

Toutes les pellicules ont été développées simultanément dans des dispositifs dessinés spécialement à cette fin (Fig. 2) évitant de cette manière des erreurs dues à des variations de temps de développement, de fixation ou de la température des solutions. Le révélateur employé répond à la formule suivante:

Eau tiède: 750 cm³.

Metol: 5 gr.

Sulfite de sodium anhydre: 60 gr.

Hidroquinone: 7,5 gr.

Carbonate de sodium anhydre: 50 gr.

Bromure de potassium: 4,5 gr.

Les conditions de développement ont été les suivantes:

Température: 20° C.

Temps de développement: 3 mm.

Temps de fixation: 10 m.

Conclusions

En observant le graphique 1 nous avons les conclusions suivantes:

1. La forme de la courbe caractéristique ne change pas de l'un à l'autre type de film, conservant son caractère exponentiel.

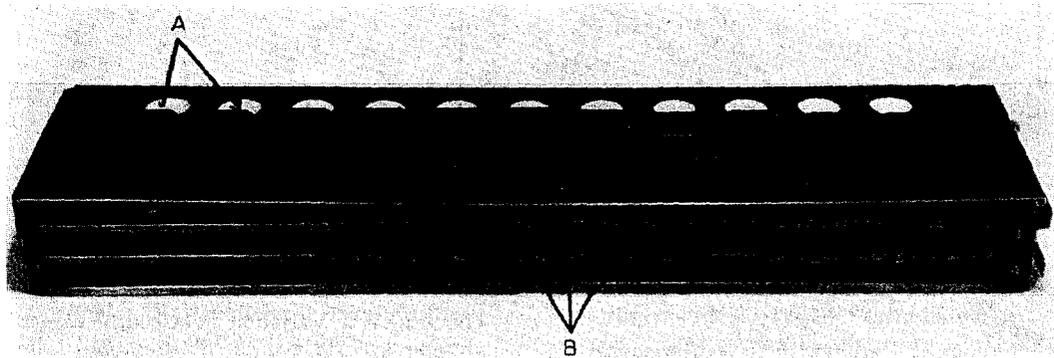


FIG. 2. Dispositif dessiné pour le développement des films.

2. Tous ces types de films peuvent s'employer en contrôle radiologique individuel étant donné qu'avec ces types peuvent se mesurer des expositions allant jusqu'à 5 R (quelques types de films sont capables de mesurer des expositions plus grandes) et que c'est la dose la plus grande qui peut être permise pour être absorbée par un homme dans une année.

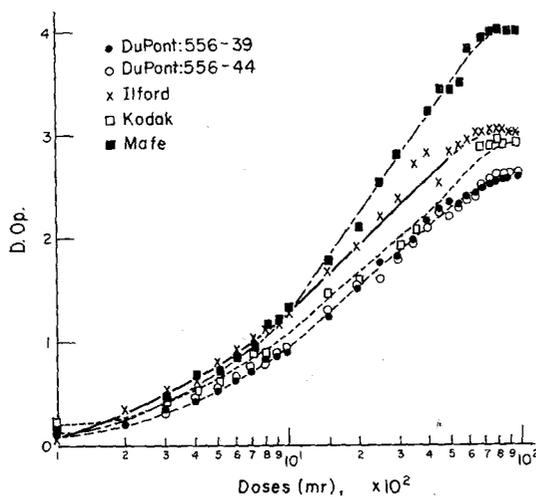
3. Les pellicules de sensibilité plus petite sont les DuPont suivies des pellicules Kodak, Ilford, Mafe.

4. La pellicule Mafe est celle qui réunit les meilleures conditions pour le contrôle radiologique individuel étant donné que sa sensibilité est très grande, changeant considérablement de densité optique par petits intervalles d'exposition.

5. La pellicule lente (sensibilité plus petite) DuPont commence à se noircir à partir d'une exposition de 5000 mR, pour cette raison, ce type de film couvre un ample intervalle d'expositions.

5. VARIATION DE LA COURBE CARACTÉRISTIQUE AVEC LE SPECTRE DU FAISCEAU D'IRRADIATION

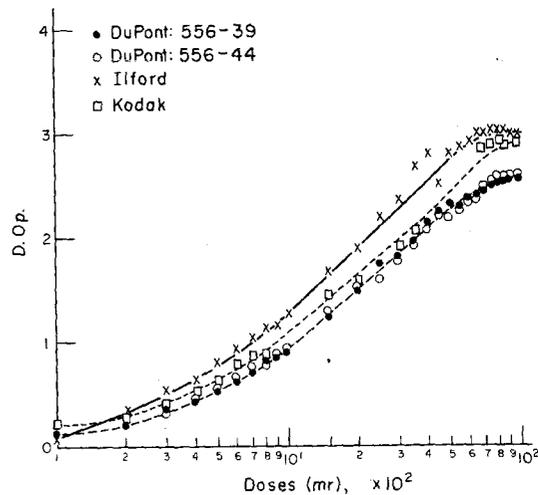
En comparant les graphiques 1 et 2 correspondant à des courbes caractéristiques obtenues avec des sources différentes d'irradiation nous arrivons aux conclusions suivantes:



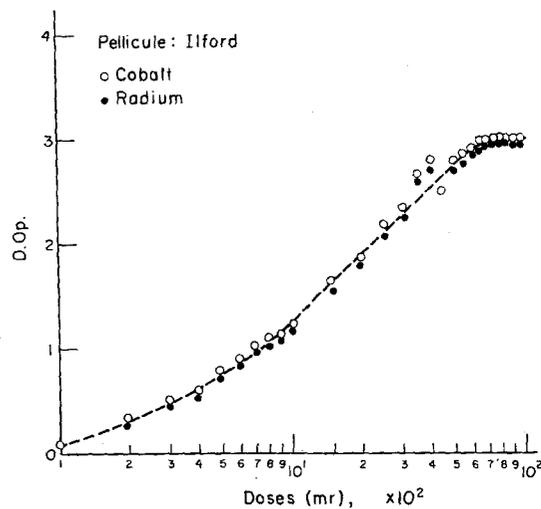
GRAPHIQUE 1. Variation de la courbe caractéristique pour plusieurs films. Nous avons utilisé une source de Cobalt.

1. Le graphique 2 nous permet de ratifier les conclusions 1, 2 et 3 du paragraphe 4.

2. L'effet photographique ne dépend pas du spectre énergétique du faisceau, mais de l'énergie cédée (à condition que les énergies soient supérieures à 0,5 MeV).



GRAPHIQUE 2. Variation de la courbe caractéristique pour plusieurs films. Nous avons utilisé une source de Radium.



GRAPHIQUE 3. Variation de la courbe caractéristique avec le rythme d'irradiation. Nous avons utilisé des sources de Cobalt (12 R/h) et de Radium (50,42 R/h). Film: Ilford.

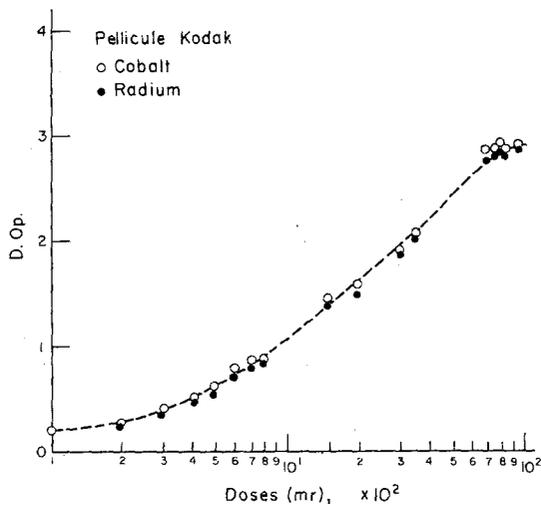
6. VARIATION DE LA COURBE CARACTÉRISTIQUE AVEC LE RYTHME D'IRRADIATION

Par comparaison des graphiques 3-7 nous obtenons les conclusions suivantes:

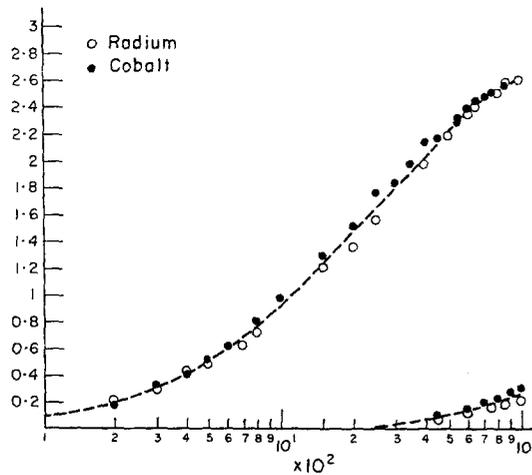
1. l'effet photographique est indépendant de

l'intensité d'exposition, dépendant seulement de l'exposition totale reçue.

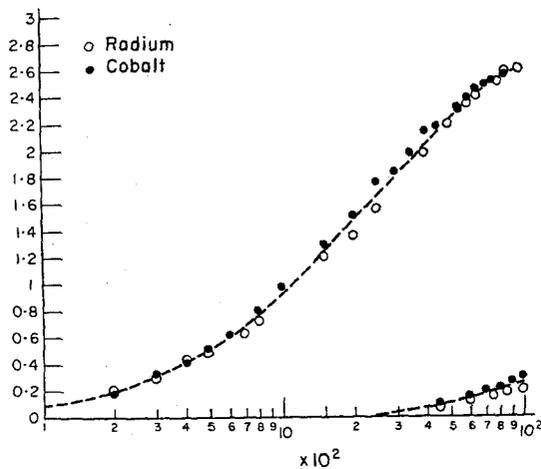
2. Un de ces films employé comme dosimètre, nous donnera une réponse selon la dose totale absorbée et indépendante du rythme d'irradiation.



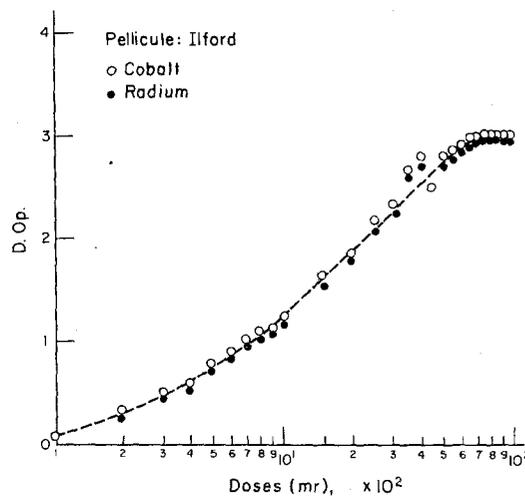
GRAPHIQUE 4. Variation de la courbe caractéristique avec le rythme d'irradiation. Nous avons utilisé des sources de Cobalt (12 R/h) et de Radium (50,42 R/h). Film: Kodak.



GRAPHIQUE 6. Variation de la courbe caractéristique avec le rythme d'irradiation à la fenêtre. Nous avons utilisé des sources de Cobalt (12 R/h) et de Radium (50,42 R/h). Film: DuPont 556-39.



GRAPHIQUE 5. Variation de la courbe caractéristique avec le rythme d'irradiation. Nous avons utilisé des sources de Cobalt (12 R/h) et de Radium (50,42 R/h). Film: DuPont 556-44.



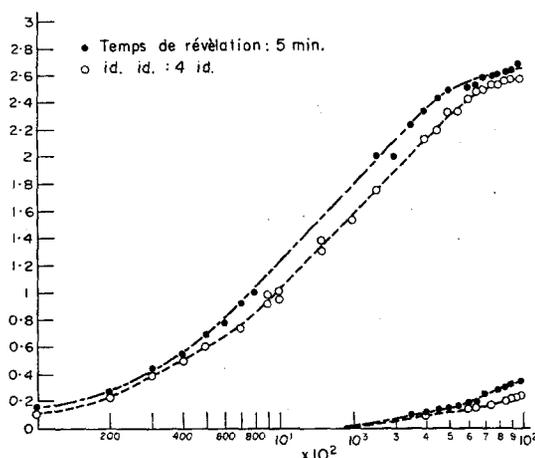
GRAPHIQUE 7. Variation de la courbe caractéristique avec le rythme d'irradiation à la fenêtre. Nous avons utilisé des sources de Cobalt (12 R/h) et de Radium (50,42 R/h). Film: Ilford.

7. VARIATION DE LA COURBE CARACTÉRISTIQUE AVEC LE TEMPS DE DÉVELOPPEMENT

Nous avons irradié des films de type DuPont, avec les caractéristiques indiquées dans le 4^{ième} paragraphe. Les temps de développement ont été de 4 et 5 minutes respectivement et les résultats obtenus, sont représentés dans le graphique 8.

Conclusions

1. La densité optique augmente avec le temps de développement.
2. La courbe caractéristique conserve la même forme.

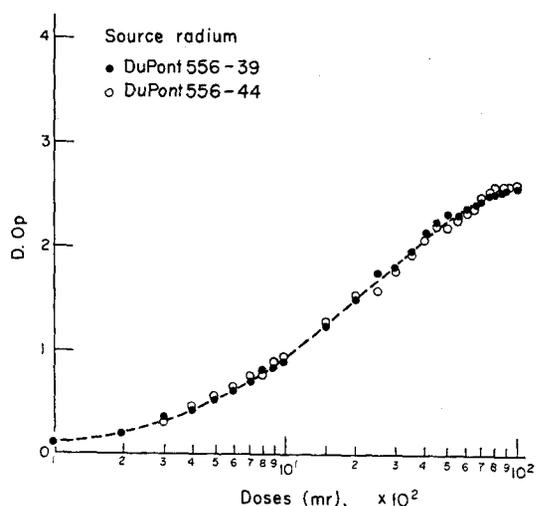


GRAPHIQUE 8. Variation de la courbe caractéristique avec le temps de développement. Film: DuPont 556-44.

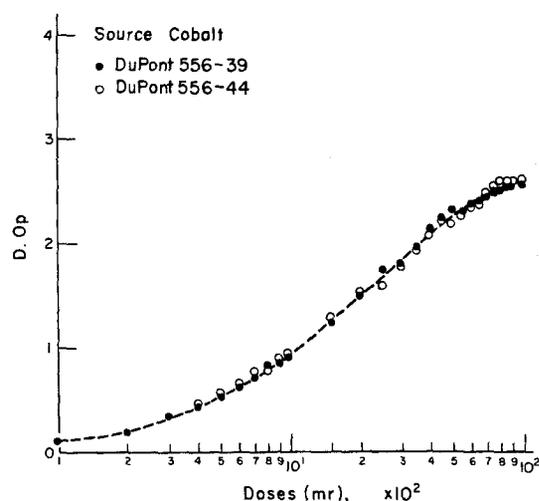
8. VARIATION DE LA COURBE CARACTÉRISTIQUE AVEC L'ÉMULSION

Nous avons irradié des films de deux émulsions différentes correspondantes au type DuPont avec des sources de radium et cobalt.

Les résultats sont exposés dans les graphiques 9 et 10. Bien que dans ce cas la réponse du film à l'irradiation ne change pas avec l'émulsion, nous ne devons pas en faire une règle générale étant donné que fréquemment la variation de la courbe caractéristique avec le type d'émulsion employé est considérable.



GRAPHIQUE 9. Variation de la courbe caractéristique avec l'émulsion. Source: Radium.



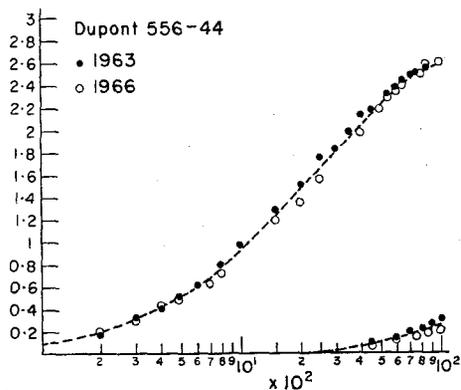
GRAPHIQUE 10. Variation de la courbe caractéristique avec l'émulsion: Source: Cobalt.

9. VARIATION DE LA COURBE CARACTÉRISTIQUE AVEC LE TEMPS DE MAGASINAGE

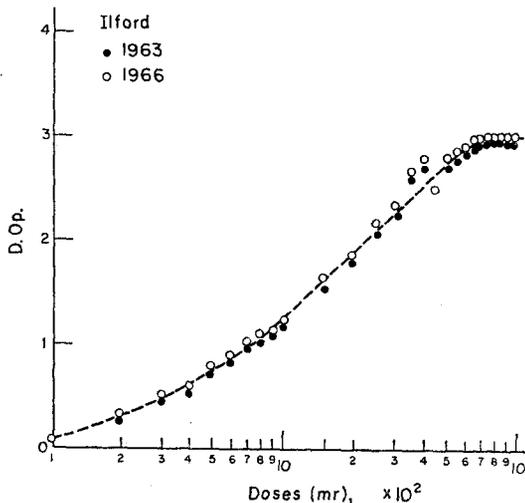
Tous les films utilisés dans les calibrages antérieurs sont restés emmagasinés pendant trois ans sans aucune précaution, concernant la température, l'humidité etc., et soumis à toutes

les variations atmosphériques. A la fin de ce temps nous avons réalisé une nouvelle densitométrie (graphiques 11-14) donnant la conclusion suivante:

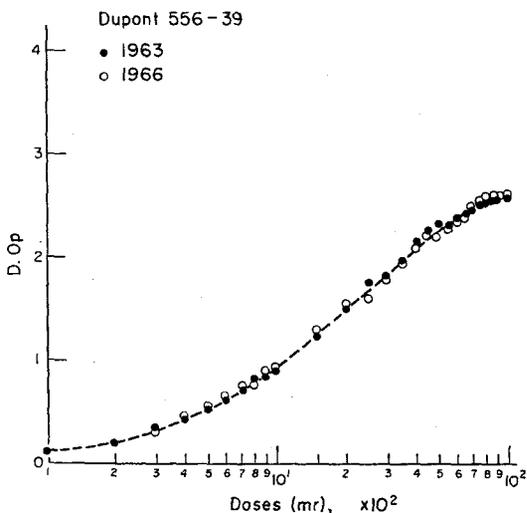
1. La courbe caractéristique ne change pas avec le temps de magasinage.
2. Un film convenablement développé devient un document d'exposition aux radiations avec une excellente qualité d'archives.



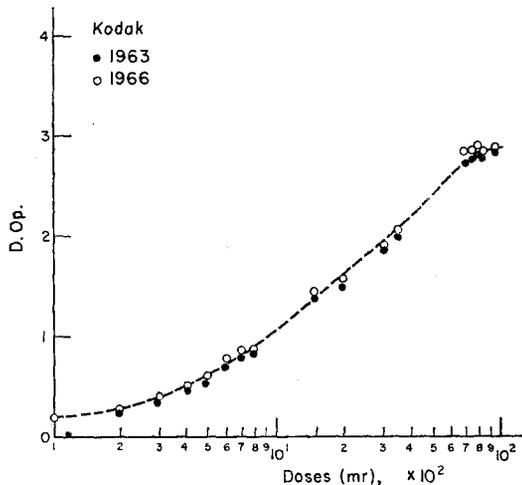
GRAPHIQUE 11. Variation de la courbe caractéristique avec le temps de magasinage. Film: DuPont 556-44.



GRAPHIQUE 13. Variation de la courbe caractéristique avec le temps de magasinage. Film: Ilford.



GRAPHIQUE 12. Variation de la courbe caractéristique avec le temps de magasinage. Film: DuPont 556-39.



GRAPHIQUE 14. Variation de la courbe caractéristique avec le temps de magasinage. Film: Kodak.

RÉFÉRENCES

- AMADESI, P. *et al.* *Minerva Nucleare*, **3**, 14, 59.
- EHRlich, M. Photographic dosimetry of X- and gamma rays. *National Bureau of Standards Handbook* 57 (1954).
- DUDLEY, R. A. *Photographic film Dosimetry in Radiation Dosimetry*. AEREM, 1178, 1963.
- GREENINGS, J. R. *Proc. Roy. Soc.*, London, B. 64, 977, 1951.
- HEARD and JONES. *A new film holder for personnel monitoring*. IAEA, 1962.
- PÉREZ MODREGO and PLATA BEDMAR. *Radiaciones Ionizantes*. 1965.
- TUBIANA, M. *et al.* *Bases Physiques de la Radiothérapie et de la Radiobiologie*. 1963.