

CEA-N-1895

FR7603329

- Note CEA-N-1895 -

Centre d'Etudes Nucléaires de Fontenay-aux-Roses
Département de Protection
Service Technique d'Etudes de Protection

**PROPRIETES DES VERRS RADIOPHOTOLUMINESCENTS
UTILISES AU COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE**

par

Anne Marie CHAUPUIS

- Août 1976 -

Note CEA-N-1895

DESCRIPTION-MATIERE (mots clefs extraits du thesaurus SIDON/INIS)

en français

DOSIMETRES RPL
DOSIMETRIE DES NEUTRONS
DOSIMETRIE GAMMA
DOSES INTEGRALES
NEUTRONS THERMIQUES
NEUTRONS RAPIDES
DOSIMETRIE DES PROTONS
INFLUENCE DE LA TEMPERATURE
DEBITS DE DOSE
DOSIMETRIE DU PERSONNEL
FIABILITE
PERFORMANCE

en anglais

RPL DOSEMETERS
NEUTRON DOSIMETRY
GAMMA DOSIMETRY
INTEGRAL DOSES
THERMAL NEUTRONS
FAST NEUTRONS
PROTON DOSIMETRY
TEMPERATURE DEPENDENCE
DOSE RATES
PERSONNEL DOSIMETRY
RELIABILITY
PERFORMANCE

- Note CEA-N-1895 -

Centre d'Etudes Nucléaires de Fontenay-aux-Roses
Département de Protection
Service Technique d'Etudes de Protection

PROPRIETES DES VERRES RADIOPHOTOLUMINESCENTS
UTILISES AU COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE

par

Anne Marie CHAPUIS

CEA-N-1895 - CHAPUIS Anne-Marie

PROPRIETES DES VERRES RADIOPHOTOLUMINESCENTS UTILISES AU COMMISSARIAT
A L'ENERGIE ATOMIQUE

Summary. - On décrit les principales propriétés et caractéristiques des
verres radiophotoluminescents utilisés au C.E.A. pour la dosimétrie
des rayonnements γ et des neutrons thermiques : composition, réponse
à l'irradiation, réponse à divers rayonnements. On examine l'influence
des conditions expérimentales d'utilisation et on cite quelques exem-
ples d'application.

1976

28 p.

Commissariat à l'Energie Atomique - France

CEA-N-1895 - CHAPUIS Anne-Marie

CHARACTERISTICS OF RADIOPHOTOLUMINESCENT GLASSES USED BY THE COMMIS-
SARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE.

Summary. - The main properties and characteristics of radiophotolumines-
cent glasses of current use at the French Atomic Energy Commission for
the dosimetry of γ radiation and thermal neutrons are described :
composition, response to exposure, response to the various radiations.
The effects of experimental conditions of utilization are examined
and some examples of application are quoted.

1976

28 p.

Commissariat à l'Energie Atomique - France

Ce rapport décrit les caractéristiques et les propriétés des verres radiophotoluminescents étudiés au C.E.A. dont la mise au point industrielle a été réalisée par la Société C.E.C. qui les a commercialisés sous l'appellation de lumidosimètres.

L'étude a été entreprise en 1960 et s'est poursuivie sous la direction de Monsieur H. FRANÇOIS, chef de la Section Dosimétrie Physique du Service Technique d'Etudes de Protection et de Pollution Atmosphérique (Département de Protection) au Commissariat à l'Energie Atomique.

Les fabrications se sont développées au rythme des études de laboratoire pour que les avantages techniques et scientifiques acquis soient immédiatement reproductibles industriellement.

Le but de ce rapport est de fournir aux divers utilisateurs de ces dosimètres les renseignements pratiques nécessaires à un emploi correct.

Ces travaux ont été menés à bien grâce au concours de :

Mademoiselle	R. BEDIER	C.E.C.
Mesdames	Y. BOURBIGOT	C.E.A.
	M. CHARTIER	C.E.A.
	N. GERARD	C.E.A.
	A.M. GRAND-CLEMENT/DUPAS	C.E.A.
Messieurs	S. CARPENTIER	C.E.C.
	R. DELARUE	C.E.C.
	G. PORTAL	C.E.A.
	F. ROMANN	C.E.C.
	F. SPURNY	Laboratoire de Dosimétrie Radiologique - PRAGUE

**PROPRIETES DES VERRES RADIOPHOTOLUMINESCENTS
UTILISES AU COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE**

1° PRINCIPE

2° COMPOSITION

3° PRÉSENTATION

4° LECTURE

- a) Principe
- b) Lecteurs
- c) Étalonnage
- d) Prédose

5° RÉPONSE A L'IRRADIATION

- a) Linéarité
- b) Cumul des doses
- c) Stabilisation
- d) Précision

6° RÉPONSE A DIVERS RAYONNEMENTS

- a) Rayonnement électromagnétique
- b) Neutrons thermiques
- c) Neutrons rapides
- d) Protons de haute énergie
- e) Rayonnement de transfert linéique d'énergie élevé.

7° INFLUENCE DES CONDITIONS EXPÉRIMENTALES

a) Pendant l'irradiation

- Orientation
- Étuis
- Température
- Débit de dose

b) Pendant le stockage après irradiation

- Stabilité dans le temps
- Humidité
- Température
- Lumière

c) Pendant la lecture

- Température
- Propreté

8° REMISE A ZÉRO

9° EXEMPLES D'APPLICATIONS

a) Dosimétrie du personnel

b) Dosimétrie en cas d'irradiation accidentelle importante

c) Dosimétrie d'ambiance en radioécologie.

1° PRINCIPE

Les rayonnements ionisants créent dans les verres radiophotoluminescents des centres luminescents stables dont le nombre est fonction de la dose absorbée dans le verre. Excités par une lumière ultraviolette appropriée, ces centres émettent une lumière orange dont on mesure l'intensité. Ils ne sont pas détruits par l'excitation; de ce fait, la fluorescence persiste tant que le verre est maintenu sous cette lumière et il peut être relu autant de fois qu'on le désire. Sa réponse est, en principe, proportionnelle à la somme de toutes les doses qu'il a absorbées depuis sa fabrication.

2° COMPOSITION [1 - 8]

Ces dosimètres sont constitués de verres phosphatiques activés à l'argent dont la composition a été étudiée de manière à présenter des propriétés intéressantes du point de vue physique et dosimétrique : stabilité, réponse aux différents rayonnements...

La présence du béryllium, qui est une originalité de ces compositions, permet d'abaisser le numéro atomique moyen de l'ensemble. Ceci diminue l'hy-persensibilité aux rayons X de faible énergie. La présence de cet élément offre également l'avantage d'améliorer les qualités mécaniques du verre ainsi que sa résistance à l'hydrolyse. Actuellement, trois compositions brevetées C.E.A., référenciées 1-5 et 33 sont fabriquées par DESMARQUEST-C.E.C. [1-3].

La composition 1 est fabriquée depuis de nombreuses années. On lui préfère, pour les mesures de rayonnement électromagnétique, la composition 5 dont la sensibilité est plus élevée et la prédose plus faible. Pour les mesures

dans des champs mixtes neutrons-gamma, il faut choisir la composition 33 dite "équilibrée" qui donne la même réponse pour 1 rem de rayonnement γ et 1 rem de neutrons thermiques. La composition 31 qui est encore utilisée au C.E.A. dans certains boîtiers dosimétriques n'est plus commercialisée.

TABLEAU I - COMPOSITION PONDÉRALE ¹⁾

Réf. de la composit.	Be	Li	Na	Al	F	O	Ag
1	0,5	2,5	4,7	3,5	33,6	52,3	2,9
5	0,05	3,2	4,7	3,5	33,52	52,13	2,9
31	1,7	0,7	4,8	3,5	34,1	52,8	2,4
33	0,5	2,5 ²⁾	4,7	3,5	33,8	52,6	2,4

1) Composition du mélange avant fusion

2) Lithium appauvri en lithium 6

3° PRÉSENTATION

Les verres se présentent sous forme de cylindres ou de parallépipèdes rectangles dont toutes les faces sont polies. Les formats les plus usuels sont les suivants : format PB cylindre $\phi = 3,7$ mm - hauteur = 6 mm

MC " " = 8 mm - " = 9 mm

MB " " = 8 mm - " = 4,7 mm

MD " " = 1 mm - " = 6 mm

format FJ : parallépipède = 8 x 8 x 4,7 mm

Le tableau II donne les caractéristiques des principaux étuis fabriqués par la Société DESMARQ'EST. Les conteneurs A1 et A2 sont utilisables dans le boîtier dosimétrique individuel à fonctions multiples PS1 C, en usage au C.E.A.

TABLEAU II - ACCESSOIRES POUR LUMIDOSIMÈTRES

Dosimètre	Type d'accessoires	Fonction	Matière	Dimensions extérieures (mm)
PB	Conteneur A1	Protection mécanique	Polyéthylène	$\phi = 5,4$ h = 8,4
	Conteneur A2	Compensation spectrale	Tantale + polyéthylène	$\phi = 5,4$ h = 8,4
	Boîtier LIR 305 (Brevet LCA)	Pendentif + compensation spectrale	Plastique chargé au plomb	8 x 27 x 55
MC	Conteneur A4	Protection mécanique	Plastique	$\phi = 12$ h = 13
	Conteneur A5	Compensation spectrale	Plastique chargé au plomb	$\phi = 18$ h = 19
MD	Blindage A7	Compensation spectrale	Or	$\phi = 2,7$ h = 8

4° LECTURE

a) Principe

On mesure l'intensité de la lumière de fluorescence émise par le verre excité par un rayonnement ultraviolet. La longueur d'onde correspondant au maximum du spectre d'émission se situe vers 620 nm. Le rendement de fluorescence est maximal lorsque la longueur d'onde d'excitation se situe vers 365 nm.

b) Lecteurs

Les appareils de lecture se composent des éléments suivants :

- une source d'excitation ultraviolette,
- un dispositif optique comportant un filtre qui transmet le rayonnement de longueur d'onde 365 nm,
- le support du verre,
- un filtre optique qui absorbe le rayonnement ultraviolet et transmet le rayonnement de fluorescence,
- un photomultiplicateur et son alimentation,
- un amplificateur,
- un système de lecture du signal de sortie.

La figure 1 représente le schéma de principe d'un lecteur.

Les différences de performance entre les divers lecteurs se situent au niveau de la "prédose", qui peut varier du simple au double, et à celui de la reproductibilité des mesures.

Quelques lecteurs ne sont conçus que pour lire un seul format de dosimètre .

PRINCIPAUX LECTEURS

SOREMEC LD P2	format PB dans le boîtier spécial LIR 305
TOTAL 6556 N 3)	format PB
TOSHIBA FGD 6 4)	format FJ, MB, MD " PB et MC avec supports spéciaux
EUROPE-AIR-SERVICE 4)	format PB

c) Etalonnage

Les étalonnages sont effectués à l'aide d'une source de cobalt 60 en des points où l'exposition est connue. Les résultats sont donc, en général, exprimés en unité d'exposition.

Jusqu'à 1000 R l'intensité de fluorescence est une fonction linéaire de l'exposition. Il suffit donc, en principe, d'étalonner l'appareil à l'aide d'un verre de même format et de même composition que les dosimètres à mesurer et irradié en un point où l'exposition est connue (comprise, si possible, entre 50 et 800 R).

d) Prédose [9 - 11]

On appelle "prédose" l'indication du lecteur pour un verre n'ayant subi aucune irradiation, le zéro de l'échelle étant réglé sans aucune excitation ultraviolette.

Les verres sont préparés selon un mode opératoire strict à partir de matières premières très pures. Ceci a permis d'éliminer au maximum les fluorescences parasites dues aux impuretés et susceptibles de se superposer au phénomène de radiophotoluminescence provoqué par l'argent.

Cette prédose est fonction de la composition du verre, de sa forme géométrique, de son état de surface et de la conception de l'appareil de lecture (fluorescence parasite des éléments constitutifs de l'appareil, fuites de

3) Commercialisé par la Société BEPIC.

4) Ne sont plus commercialisés.

lumière ou de rayons ultraviolets agissant sur le photomultiplicateur).

Par exemple, un lumidosimètre PB 33 a une prédose de l'ordre de 1 R ou de 0,5 R suivant qu'il est lu sur un appareil TOSHIBA FGD-3B ou TOSHIBA FGD-6.

Les lumidosimètres PB 33 et PB 31 sont lus par le fabricant sur un appareil TOSHIBA FGD 3B et sont classés, suivant la valeur de la prédose, en 4 catégories dont les codes de couleur : bleu, blanc, jaune, rouge, correspondent à des valeurs croissantes de la prédose; ceux de prédose supérieure à 2,6 R sont éliminés.

Les lumidosimètres PB 33 sertis dans les boîtiers LIR 305 ont une prédose, lue sur l'appareil SOREMEC LDP2, comprise entre 2 et 5 R.

Il est conseillé à chaque laboratoire de déterminer, pour son propre lecteur, la prédose des verres qu'il utilise.

5° RÉPONSE A L'IRRADIATION

a) Linéarité

La réponse des verres est linéaire de 0 à 1 000 R. Au delà, apparaît une saturation due à la coloration du verre. Toutefois, les expositions comprises entre 1 000 et 5 000 R sont mesurables en utilisant une courbe d'étalonnage. La figure 2 représente la courbe obtenue pour les verres PB 33 mesurés à l'aide d'un lecteur TOSHIBA.

b) Cumul des doses reçues

Grâce à la stabilité des centres luminescents qui ne sont affectés ni par la lecture ni par une attente d'une dizaine d'années, le lumidosimètre est un excellent intégrateur de doses. Il cumule toutes les doses reçues successivement depuis sa fabrication et peut être lu aussi souvent qu'on le désire.

c) Stabilisation

Immédiatement après l'irradiation, la réponse du verre croît et n'atteint sa valeur stable et définitive qu'au bout de 10 heures environ.

Cette stabilisation est plus rapide lorsque la température s'élève ou lorsque le lumidosimètre est maintenu sous excitation ultraviolette. Elle est fonction de la concentration en argent; elle est plus lente pour la composition 33 que pour les compositions 1 et 5.

La figure 3 représente la variation de la réponse en fonction du temps pour des verres PB 33 et PB 5 sous excitation ultraviolette ou à l'obscurité.

Pendant les dix premières heures, il est toutefois possible de lire le lumidosimètre et d'obtenir une valeur approchée de l'exposition en appliquant une correction. La figure 4 donne la valeur de celle-ci pour les verres PB 33 stockés à la température du laboratoire.

Une stabilisation rapide peut être obtenue par un chauffage à 60°C pendant une dizaine de minutes.

d) Précision [11]

Pour les mêmes conditions expérimentales d'irradiation et de lecture, la précision dépend de plusieurs facteurs :

- Composition du verre
- Propreté du lumidosimètre
- Positionnement dans le lecteur
- Etalonnage du lecteur
- Caractéristiques de l'appareil de lecture
- Valeur de la dose.

Tous les produits entrant dans la composition des lumidosimètres sont d'une très grande pureté, ce qui réduit la dispersion due au verre lui-même. La moyenne des réponses des verres de même composition varie peu d'un lot à l'autre. La distribution des moyennes suit une loi normale dont l'écart-type est de l'ordre de 2 p.cent, ce qui correspond à la classe de précision des lecteurs. La réponse propre d'un lumidosimètre est comprise dans un intervalle de confiance de ± 5 p.cent autour de la réponse moyenne (probabilité 0,95).

Lorsque l'exposition est inférieure à 20 R environ, il est nécessaire de soustraire la prédose : prédose propre du verre pour une mesure fine, prédose moyenne des verres de la catégorie pour une mesure de routine.

Lorsque l'exposition est supérieure à 1 000 R, il faut utiliser une courbe d'étalonnage mais la dispersion des lectures de dosimètres irradiés au même point est plus grande.

A titre d'exemple, le tableau III indique les précisions obtenues pour la mesure de verres PB 33 sur un lecteur TOSHIBA FGD 3 B. Elles tiennent compte de l'étalonnage du lecteur par un lumidosimètre irradié en un point d'exposition connue, de la classe de l'appareil de lecture, des distributions des réponses et des prédoses.

TABLEAU III - PRÉCISION DES MESURES (en p.cent)

Expositions (R)	0,7	1	3,5	7	de 10 à 1 000	de 1 000 à 5 000
Mesure fine	11	10	9	8,5	8	15
Mesure en routine		23	13	10	8	15

Ces précisions correspondent à une probabilité 0,95.

6° RÉPONSE A DIVERS RAYONNEMENTS

a) Rayonnement électromagnétique [8,12,19]

Le coefficient d'hypersensibilité des verres aux basses énergies est peu important en raison du faible numéro atomique moyen des compositions.

Pour diminuer la réponse aux basses énergies, on a prévu des écrans compensateurs en tantale, en or ou en plastique chargé au plomb (Ces écrans sont décrits dans le tableau II).

Les figures 5, 6 et 7 montrent les courbes de réponse spectrale relative des dosimètres PB 33, sous blindage A1 et A2, MC 5 sous blindage A5 et MB 5 en fonction de l'énergie E du rayonnement. La sensibilité spectrale relative est ici exprimée par le rapport des lectures de deux dosimètres irradiés par le rayonnement γ d'énergie E et le rayonnement γ du ^{60}Co en des points où les expositions sont les mêmes.

Lorsque l'énergie du rayonnement γ est supérieure à 1 MeV, la réémission électronique des éléments lourds augmente la réponse du verre sous blindage compensateur. Pour le cobalt 60, le rapport des lectures du dosimètre PB sous tantale et sous plastique est de l'ordre de 1,1.

Au delà de 3 MeV, il n'est plus possible de caractériser le rayonnement par son exposition et de définir la réponse relative comme précédemment.

Nous avons réalisé des expériences avec un rayonnement γ de 9 MeV. Pour cela, nous avons pris comme référence la réponse R des dosimètres PB sous plastique, dont l'irradiation, dans l'air, au cobalt 60 correspond à une dose absorbée dans l'eau égale à D.

Pour des dosimètres placés dans l'air et soumis au rayonnement de 9 MeV, on a déterminé la réponse R_2 des dosimètres sous plastique (écran A1) et la réponse R_3 des dosimètres sous tantale (écran A2), l'irradiation correspondant alors à une dose maximale dans l'eau (sous 4 cm) égale à D.

Nous avons trouvé :

$$\frac{R_2}{R_1} = 0,57 \pm 0,08$$

$$\frac{R_3}{R_1} = 1,49 \pm 0,22$$

b) Neutrons thermiques [8,13]

La composition 1 présente une réponse importante aux neutrons thermiques en raison de la forte proportion de lithium naturel ⁵⁾. Afin de diminuer cette hypersensibilité, on a ajusté les quantités de béryllium et de lithium naturel pour obtenir la composition 31 dont la réponse après irradiation à 1 rem de neutrons thermiques est équivalente à la réponse après irradiation à 1 rem de rayonnement γ du cobalt 60. Mais cette augmentation du pourcentage de béryllium dans le verre élève le point de fusion et nécessite une technologie de fabrication plus délicate. On a donc abandonné cette fabrication au profit de la composition 33, analogue à la composition 1, mais dans laquelle le lithium naturel est remplacé par du lithium appauvri en lithium 6 (⁶Li : 1,8 p.cent ; ⁷Li : 98,2 p.cent).

Le rapport des réponses des verres pour le même équivalent de dose dû aux neutrons thermiques et au rayonnement γ du cobalt 60 est de l'ordre de 1 pour la composition 33, de 4 pour la composition 5 et légèrement supérieur à 3 pour la composition 1.

Des mesures récentes ont montré qu'un dosimètre PB 33 irradié à une fluence de 10^{10} neutrons thermiques par cm^2 a une réponse semblable à celle d'un dosimètre irradié au ⁶⁰Co en un point où l'exposition est de $8,9 \pm 0,5$ R.

Une composition sans lithium donnerait un rapport de l'ordre de 0,1 à 0,2.

c) Neutrons rapides [14]

La réponse intrinsèque des verres radiophotoluminescents est très faible. Elle a été déterminée pour les dosimètres PB 33 placés dans un étui de gra-

5) ⁶Li : 7,4 p.cent ; ⁷Li : 92,6 p.cent -

phite (épaisseur 2 mm) auprès de 3 sources : Pu-Be, ^{252}Cf , neutrons de 14,7 MeV. Les réponses pour $10^{10} \text{ n.cm}^{-2}$ sont respectivement équivalentes à celles obtenues pour des expositions de 0,27 - 0,16 et 3,3 R du cobalt 60.

La réponse est fortement augmentée lorsque le dosimètre est placé dans un autre type d'étui, en particulier lorsque celui-ci compte un plastique hydrogéné.

d) Protons de haute énergie

Des étalonnages effectués avec des protons de 592 MeV et de 3 GeV ont montré que la réponse des dosimètres (PB 1 et PB 33), étalonnés en unité d'exposition (R) au rayon γ du cobalt 60, est numériquement égale à la dose absorbée dans les tissus mous exprimée en rad.

e) Rayonnement de transfert linéique d'énergie élevé

Lorsque le rayonnement a un T.L.E. élevé, les centres luminescents créés sont proches les uns des autres et réagissent entre eux. La lumière de fluorescence émise par ces centres est de plus faible longueur d'onde avec un maximum situé à 480 nm. La figure 8 montre le spectre de fluorescence d'un échantillon plat et mince de verre de composition 5 irradié par les particules α du plutonium 238. Le rapport des intensités à 480 et 620 nm augmente avec le T.L.E. du rayonnement et la concentration d'argent dans le verre. La réponse du verre à un rayonnement dépend donc de sa composition et de la réponse spectrale du lecteur.

De ce fait la réponse des verres aux neutrons thermiques peut varier légèrement d'un type de lecteur à l'autre.

7° INFLUENCE DES CONDITIONS EXPÉRIMENTALES

a) Pendant l'irradiation

Orientation.

Etant donné la forme des verres et la conception des étuis, on peut s'attendre, pour les γ d'énergie faible, à une variation de la réponse du dosimètre en fonction de la direction du faisceau incident.

Des essais ont été effectués à l'aide de dosimètres PB 33 sous étui de tantale A2 (décrits dans le tableau II) irradiés par les photons du cobalt 60 (1,17 et 1,33 MeV) et de l'américium (60 keV). L'influence de l'orientation n'est perceptible que sur les dosimètres irradiés à la source d'américium (fig.9).

La figure 6 montre la sensibilité spectrale relative en fonction de l'énergie d'un dosimètre MC 5 sous étui A5 (Cf. tableau II) pour trois orientations différentes.

Étui

Les étalonnages doivent être effectués en utilisant les mêmes étuis que pour l'irradiation.

Pour les rayonnements γ d'énergie inférieure à 1 MeV, comme nous l'avons signalé au paragraphe 6-a, un écran compensateur contenant un élément de numéro atomique élevé absorbe le rayonnement et diminue la réponse par rapport à celle du dosimètre sans écran. Pour les rayonnements γ d'énergie supérieure à 1 MeV, l'étui ne joue plus le rôle d'écran absorbant mais sa réémission électronique augmente la réponse du dosimètre (Cf. 6-a). Au dessus de 1 MeV environ les étuis ne sont pas, en général, d'une épaisseur suffisante pour arrêter complètement les électrons secondaires venant du milieu ambiant. Il faut alors tenir compte des matériaux entourant l'étui lui-même.

Pour les mesures dans les champs de rayonnement mixte γ + neutrons, on peut utiliser deux dosimètres PB 33 sous gaine de graphite (épaisseur 2 mm), l'un étant placé dans un conteneur de graphite ($1,2 \text{ g.cm}^{-2}$), l'autre dans un conteneur constitué d'un alliage d'aluminium et de lithium 6 de 1 g.cm^{-2} d'épaisseur). La gaine de graphite ne modifie pas la réponse intrinsèque du verre aux neutrons rapides, laquelle est très faible. L'ensemble placé sous conteneur de lithium donne la réponse au rayonnement γ , celui sous conteneur de graphite la réponse au rayonnement γ et aux neutrons thermiques [13-15].

Température pendant l'irradiation

L'influence de la température au moment de l'irradiation est très faible et peut être négligée pour les mesures courantes.

La figure 10 représente la variation de l'intensité de fluorescence I_t en fonction de la température d'irradiation t . Elle est de la forme $I_t = I_{20} \left(\frac{t + 1950}{1970} \right)$ où t est exprimé en degrés centigrades. Au voisinage de 20°C la variation est donc de l'ordre de $+ 0,05 \%$ par degré.

- Débits de dose -

Des expériences réalisées avec des photons, jusqu'à $2.10^9 \text{ rad.s}^{-1}$, n'ont pas permis de déceler une influence du débit de dose sur la réponse.

b) Pendant le stockage

- Stabilité dans le temps

Sur des verres stockés pendant 8 ans au laboratoire, sans précautions particulières, nous n'avons noté aucune variation de l'intensité de fluorescence.

- Humidité

Ces mêmes verres ne présentent aucune altération de la surface par l'humidité ambiante.

Des irradiations ont même été réalisées le verre étant immergé directement dans de l'eau.

- Température de stockage

A température ambiante, les verres ont une réponse qui croît après l'irradiation, se stabilise au bout d'une dizaine d'heures, puis reste constante pendant des années.

La stabilisation est plus lente à basse température. A température élevée, la croissance très rapide est suivie par une décroissance lente; la vitesse des deux phénomènes est d'autant plus rapide que la température est élevée.

A 60°C par exemple, la stabilisation est obtenue au bout de quelques minutes et la décroissance n'est pas visible avant quelques centaines d'heures.

Vers 380°C , la décroissance est suffisamment rapide pour permettre une "remise à zéro" du verre par chauffage à cette température pendant une heure.

- Lumière

Les dosimètres sont insensibles à la lumière visible.

Sous lumière ultraviolette, leur réponse décroît lentement; il faut donc éviter de laisser un dosimètre dans le lecteur. La figure 11 montre la variation de l'intensité de fluorescence d'un dosimètre PB 33 laissé sous

excitation UV dans un TOSHIBA FGD 6.

c) Pendant la lecture

- Température du dosimètre

L'intensité de fluorescence I_{θ} est une fonction linéaire de la température θ du dosimètre au moment de la lecture (figure 12).

$$I_{\theta} = I_{20} \frac{170 - \theta}{150} \quad \theta \text{ en degrés centigrades.}$$

Au voisinage de 20°C cette variation est de l'ordre de - 0,7 p.cent par degré.

Lorsque le lecteur se trouve situé dans un local dont la température varie de plus de 5°C, il est conseillé d'effectuer l'étalonnage de l'appareil à l'aide d'un dosimètre de même composition irradié à une dose connue. Il faut éviter les verres de référence dopés au manganèse ou au samarium dont les variations de fluorescence en fonction de la température ne sont pas les mêmes que celle des verres dopés à l'argent.

- Propreté

Pour la mesure d'expositions inférieures à 20 R il est indispensable que le dosimètre soit parfaitement propre afin d'éliminer les fluorescences parasites dues notamment aux poussières et aux matières organiques qui augmentent la prédose apparente.

On peut laver les dosimètres à l'acétone et les rincer à l'eau distillée puis à l'alcool éthylique (produits RP).

Certains étuis (LIR 305) comportent un système de fermeture hermétique qui n'est ouvert qu'au moment de la lecture, le lavage est alors inutile.

8° REMISE A ZÉRO [17]

Les lumidosimètres peuvent être ramenés à zéro par un traitement thermique approprié : recuit vers 380°C pendant 1 heure environ.

La température du recuit, qui dépend de la composition du verre, doit être déterminée soigneusement afin que le traitement ne modifie pas les propriétés du verre :

- pas de migration de l'argent vers la surface,
- pas de modification de la sensibilité au rayonnement,

- prédose après traitement voisine de celle avant irradiation.

De ce fait, le traitement ne peut être effectué que sur des verres soumis à des expositions γ inférieures à une centaine de rads.

9° EXEMPLE D'APPLICATIONS

a) Dosimétrie du personnel

Au C.E.A., les boîtiers PS1C comportent un lumidosimètre. A chaque agent sont donc attribués 2 dosimètres portés alternativement. La lecture en est faite, soit par le Service de Protection contre les Rayonnements en cas d'incident ou d'accident, soit par le Service Technique de Protection chargé de la dosimétrie photographique, lorsque la "dose γ " lue sur le film est supérieure à 1 rad.

b) Dosimétrie en cas d'irradiation accidentelle importante [15 - 18]

Le lumidosimètre est utilisable dans toutes les circonstances où les travailleurs peuvent subir une irradiation, en particulier dans les installations où existe un risque d'accident de criticité et où sont prévues des stations fixes de détection qui comportent un lumidosimètre PB 33. Sa réponse donne l'équivalent de dose dû aux neutrons thermiques et aux rayonnements gamma. En certains points de ces locaux ou auprès des expériences de simulation d'accident de criticité, lorsqu'on veut connaître de manière plus précise le champ de rayonnement, on utilise un couple de dosimètres protégés par des écrans différents (description au paragraphe 7-a)).

c) Dosimétrie d'ambiance en radioécologie [16]

L'influence à long terme d'une irradiation γ massive et chronique sur un écosystème terrestre méditerranéen est en cours d'étude au Centre d'Etudes Nucléaires de Cadarache. Les observations portent sur le sol, la végétation et les animaux. Elles ont nécessité l'établissement de cartes isodoses. Les lumidosimètres ont été choisis en raison de leur quasi insensibilité aux variations des conditions climatiques.

Les dosimètres étaient protégés des rayons ultraviolets solaires par un étui d'aluminium.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] BEDIER (R), CARPENTIER (S), FRANCOIS (H), GRAND-CLEMENT (A.M), MENERET (J)
Verres aux phosphates pour dosimètres à rayons X et gamma.
Brevet français n° BF 1.327.099, 8 Avril 1963.
- [2] BEDIER (R), CARPENTIER (S), FRANCOIS (H), GRAND-CLEMENT (A.M), MENERET (J)
Verres aux phosphates pour dosimètres à rayons X et gamma.
Brevet français n° BF 86 954, 12 Avril 1966.
- [3] CARPENTIER (S), DELARUE (R), FRANCOIS (H), GRAND-CLEMENT (A.M), PORTAL (G)
SOUDAIN (G)
Verres aux phosphates pour dosimètres à rayons X, gamma et neutrons
thermiques.
Brevet français n° BF 1.446.321, 13 Juin 1968.
- [4] CARPENTIER (S), DELARUE (R), CHAPUIS (A.M), FRANCOIS (H)
Perfectionnement aux verres à base de métaphosphates pour dosimètre de
rayons X et gamma et neutrons thermiques.
Brevet français n° BF 1.548.407, 28 Octobre 1968.
- [5] BOURBIGOT (Y), FRANCOIS (H), GRAND-CLEMENT (A.M), PORTAL (G), SOUDAIN (G)
Etude et mise au point de verres dosimètres au phosphate d'argent.
Congrès de la Health Physics Society, Cincinnati, USA, 4-30 Juin 1964.
- [6] FRANCOIS (H), BOURBIGOT (Y), GRAND-CLEMENT (A.M), PORTAL (G), SOUDAIN (G)
Etude et mise au point de nouveaux verres dosimètres au phosphate d'argent.
Ds: Section Française de la Health Physics.-Congrès international sur la
dosimétrie des irradiations dues à des sources externes, Paris, 23-27 Novembre
1964.
Le Vesinet, SCPRI, 1967.-vol.1, pp. 117-121.
- [7] DELARUE (R)
Dosimétrie des radiations ionisantes au moyen de lumidosimètres.
Colloque sur l'utilisation des céramiques dans l'industrie nucléaire, Paris,
11 Juin 1965.
Bull.Soc.Franç. Céramique, 1965, n°69.
- [8] CHAPUIS (A.M), SIGLI (P), FRANCOIS (H), NICODEME (N), CARPENTIER (S),
DELARUE (R)
Performances et domaines d'applications de nouveaux verres radiophotolu-
minescents. (CEA-CONF-1099)
Ds: Colloque international L'électronique nucléaire et la radioprotection,
Toulouse, 4-8 Mars 1968.
S.l.n.d.-tome 3, 9p.
- [9] DELARUE (R), CARPENTIER (S), FRANCOIS (H), CHAPUIS (A.M)
Observations sur la notion de prédose en dosimétrie par radiophotolumines-
cence.
Radioprotection, 1967, 2 (3) pp. 173-177.

- [10] DELARUE (R), CARPENTIER (S), FRANCOIS (H), CHAPUIS (A.M)
Bermerkungen über den Begriff "Vordosis" in der Radiophotolumines-
zenzdosimetrie.
Atompraxis, 1968, 14 (1) pp. 1-3.
- [11] CHAPUIS (A.M), FRANCOIS (H), CHARTIER (M)
Prédose et sensibilité des verres radiophotoluminescents. Fluctuations des
mesures, nouvelle méthodes d'étalonnage.(CEA-CONF-1132)
Ds: AUXIER (J.A), Ed.- 2nd international conference on luminescence dosimetry,
Gatlinburg, 22-25 September 1968.
CONF-680920, s.d.-pp. 677-688.
- [12] CHAPUIS (A.M), NICODEME (N), CARPENTIER (S), FRANCOIS (H)
Dosimétrie des rayons X par verres radiophotoluminescents.
Ds: Société Française de Radioprotection et Association Internationale de
Radioprotection.-1er congrès européen... sur la protection contre les rayon-
nements de faible énergie ou de faible parcours et les effets biologiques de
l'irradiation, Menton, 9-11 Octobre 1968.
Le Vésinet, Service Central de Protection contre les rayonnements ionisants,
1971.-pp. 96-101.
- [13] SPURNÝ (F), PORTAL (G)
Sensitivity of various RTL and RPL materials to thermal neutrons.(CEA-CONF-2744).
Ds: NIEWIADOMSKI T., Ed.-Proceedings of the fourth international conference
on luminescence dosimetry, Krakow, 27-32 August, 1974.
Krakow-Poland, Institut of Nuclear Physics, 1974.-vol.3,pp. 1105-1122.
- [14] SPURNY (F), MEDIONI (R), PORTAL (G)
Les sensibilités des divers détecteurs thermoluminescents, photoluminescents
et photographiques aux neutrons.
Ds: BURGER (G), EBERT (H.G.), Eds.-2nd symposium on neutron dosimetry in
biology and medicine, Neuherberg, Sept.30-Oct.4, 1974. (EUR-5273.d.e.f.)
Luxembourg, Communautés européennes, 1975.-vol.1, pp. 495-507.
- [15] MARCHAL (P), MEDIONI (R), NGUYEN VAN DAT
Dosimétrie dans les champs mixtes intenses (neutrons et gamma) en vue de
l'évaluation des doses absorbées à l'intérieur de l'organisme humain.
Ds: AIEA.-Neutron monitoring for radiation protection purposes, Vienna, 11-
15 December 1972. (IAEA-SM-167/17)
Vienne, AIEA, 1973.-vol.2, pp. 299-320.
- [16] CHAPUIS (A.M), CHARTIER (M), FRANCOIS (H), SOUDAIN (G), GRAUBY (A),
FABRIES (M)
Les verres radiophotoluminescents, dosimètres de choix pour la radioécologie.
(IAEA-SM-160/61).
Ds: AIEA.-Dosimetry in agriculture, industry, biology and medicine, Vienne,
17-21 April 1972.
Vienne, AIEA, 1973.-pp. 59-66.

- [17] Le BOURDOULOUS (communication personnelle , SEEC-73.139/CH)
- [18] KISSEL (P), CHAPUIS (A.M)
Mesures prévues en cas d'accident nucléaire grave dans un établissement industriel.(IAEA-SM-119/12)
Ds: AIEA.-Symposium on the handling of radiation accidents, Vienne, 19-23 May 1969.
Vienne, AIEA, 1969.-pp. 43-75.
- [19] TROESCH (G), LASSEUR (C), BERMAN (F), GAULARD
Faisceau γ de référence de 9 MeV pour l'étalonnage des détecteurs.
Ds: 3ème congrès Européen de l'Association internationale de radioprotection, Amsterdam, 13-16 Mai 1975.-p. I-1.

Manuscrit reçu le 9 juin 1976

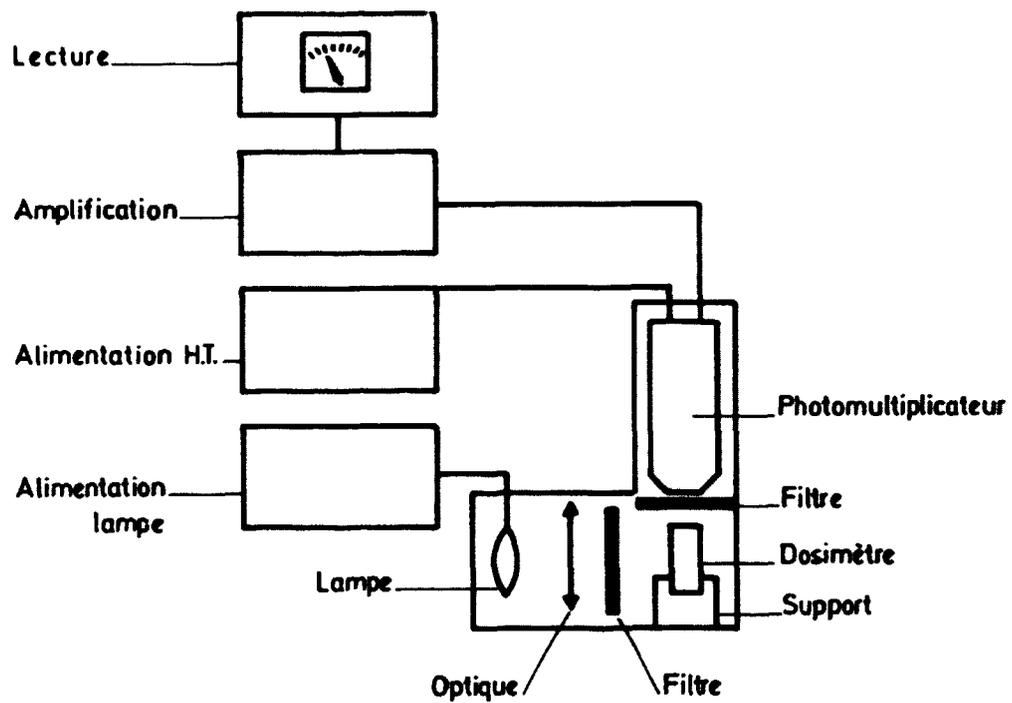


Figure 1 - Schéma d'un lecteur -

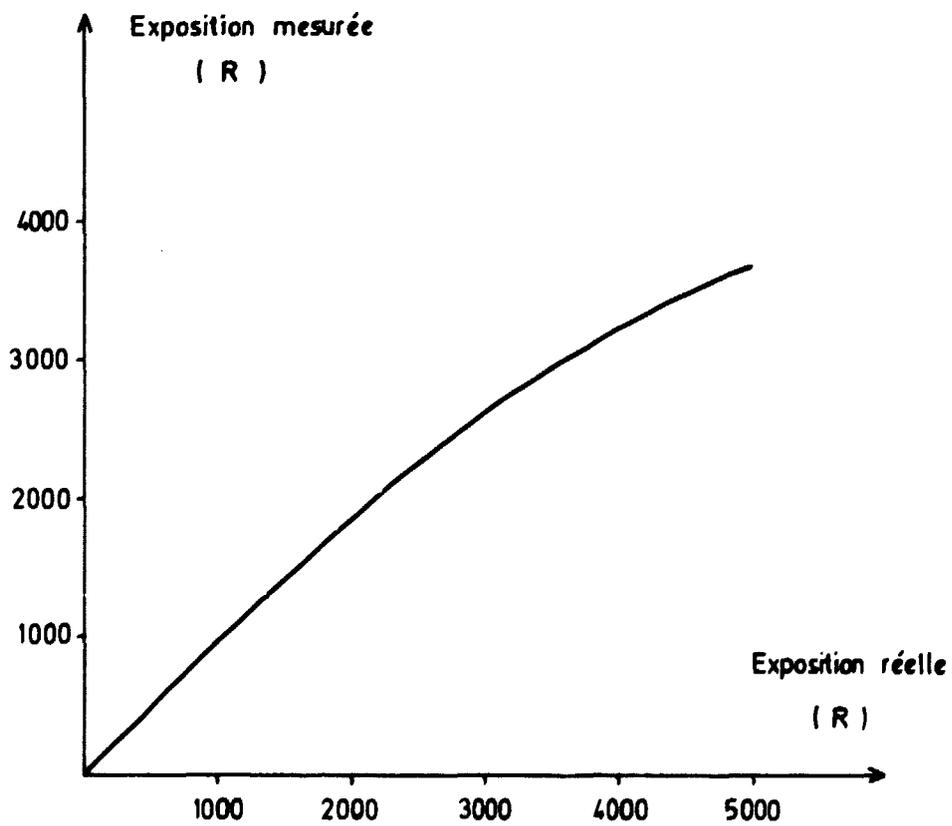


Fig: 2 - Courbe d'étalonnage -

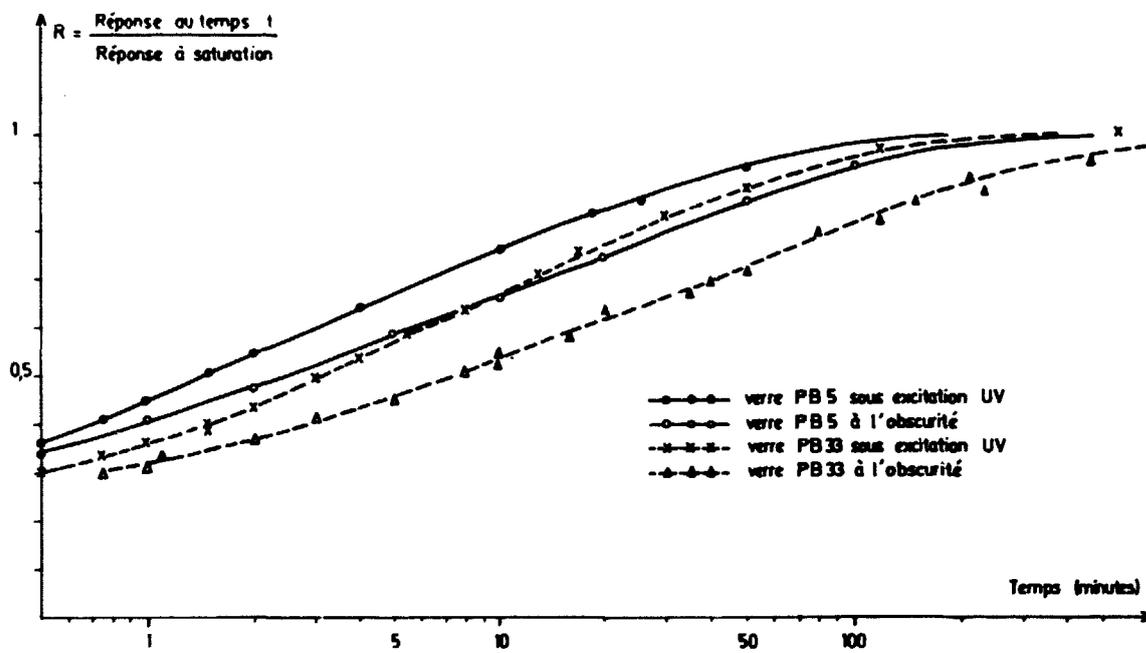


Fig. 3 - Stabilisation à température ambiante.

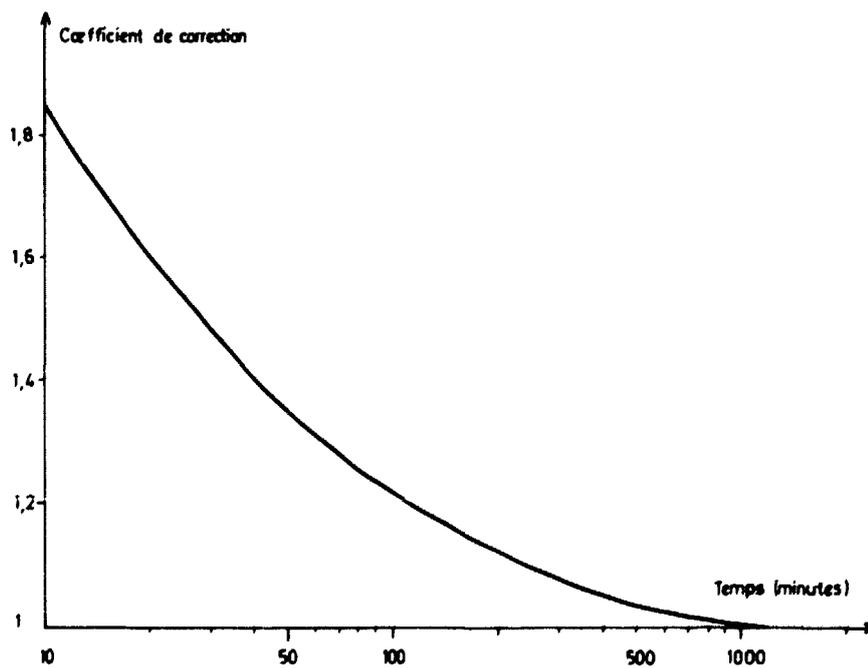


Fig. 4 - Coefficient de correction.

Coefficient par lequel il faut multiplier la réponse du dosimètre PB 33 en fonction du temps qui sépare l'irradiation de la lecture.

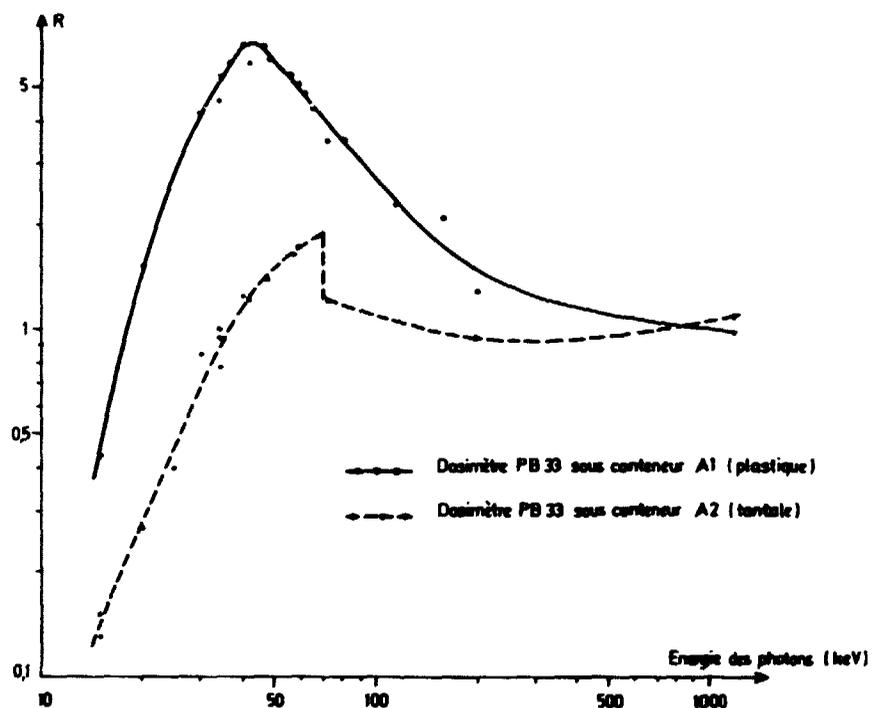


Fig. 5 - Réponse spectrale relative des dosimètres PB 33 pour les photons

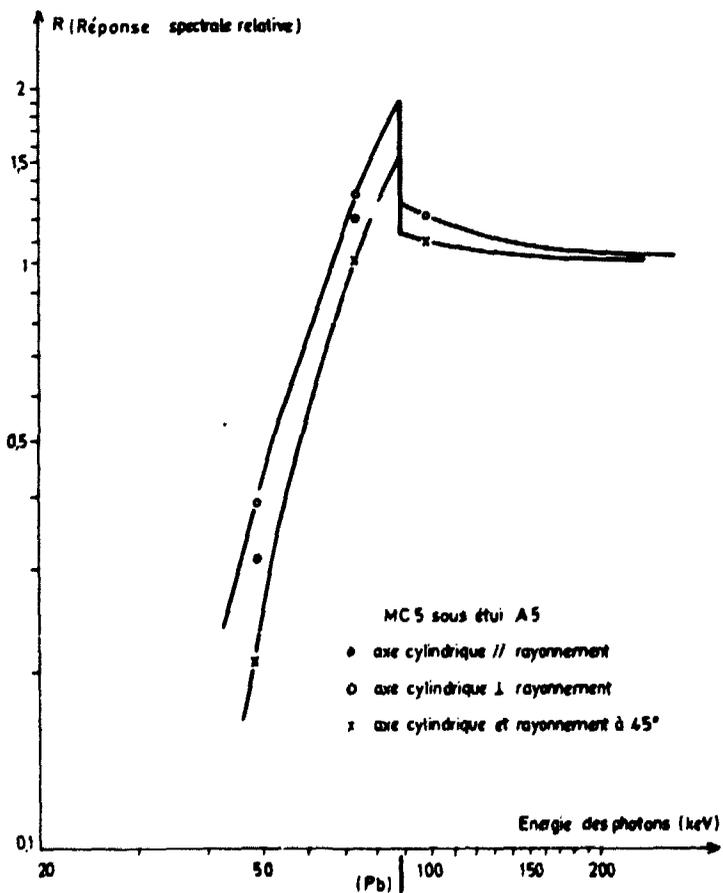


Fig. 6 - Réponse spectrale relative des dosimètres MC 5 pour photons

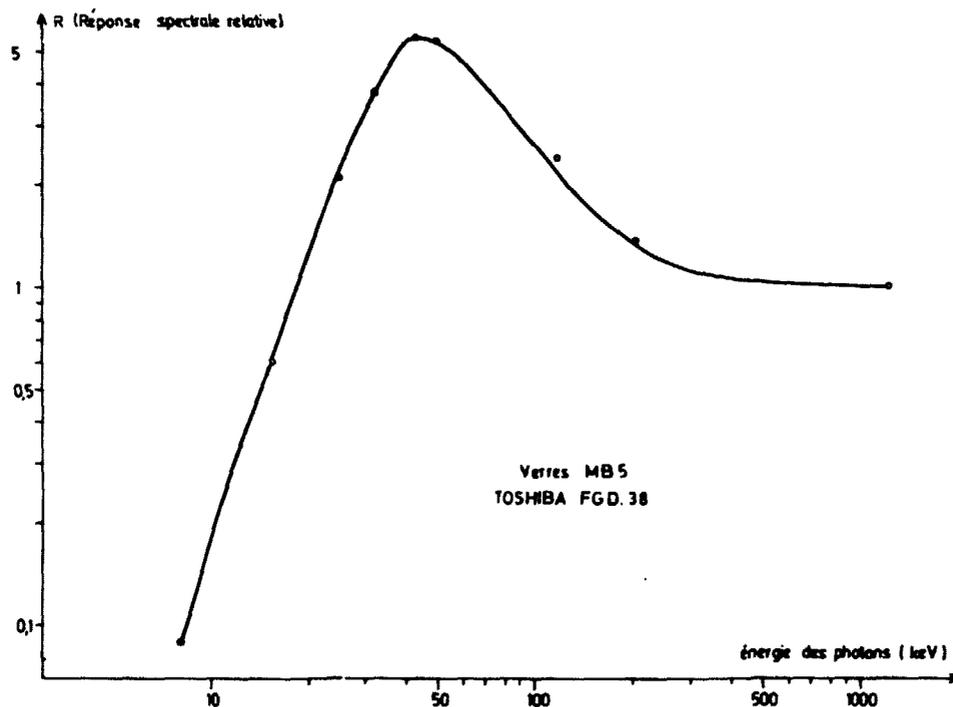


Fig. 7 - Réponse spectrale relative des dosimètres MB5 pour les photons.

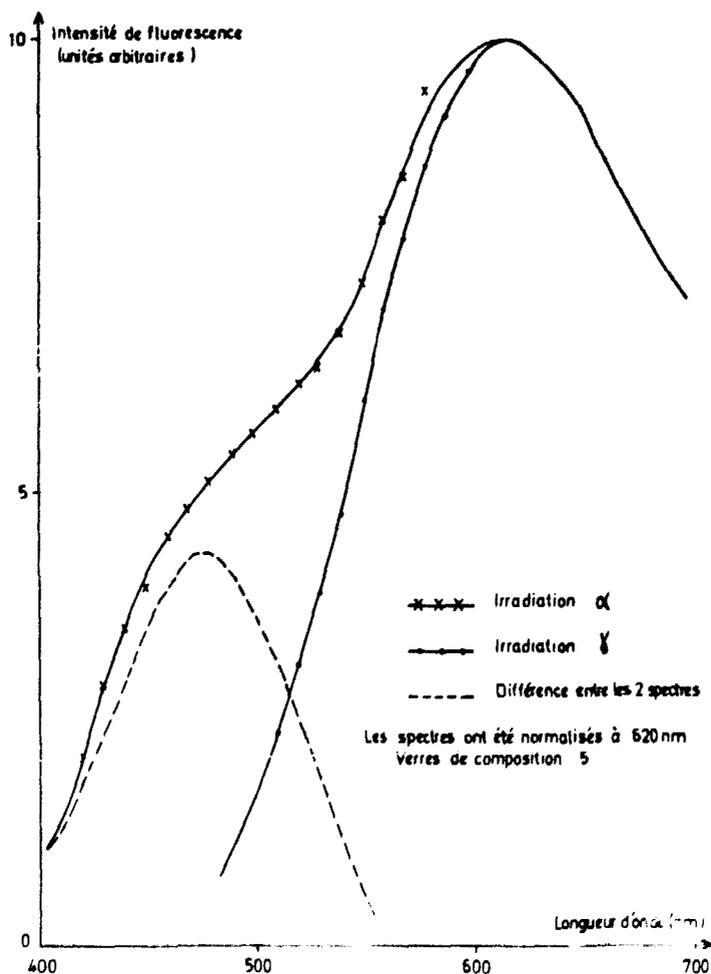


Fig. 8 - Spectres de fluorescence de verres -

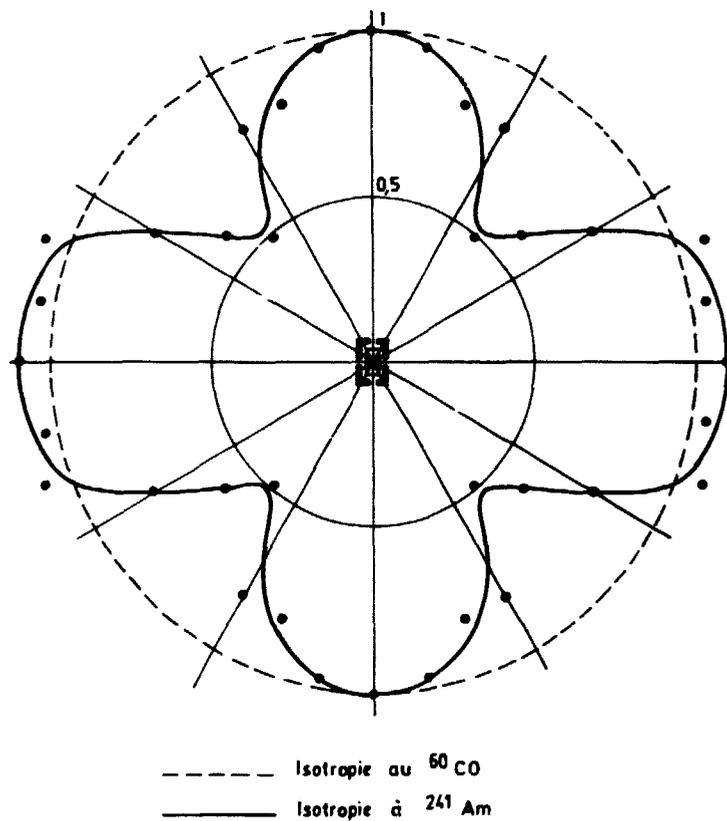


Fig. 9 - Influence de l'orientation sur la réponse des dosimètres PB 33 sous étui A2.

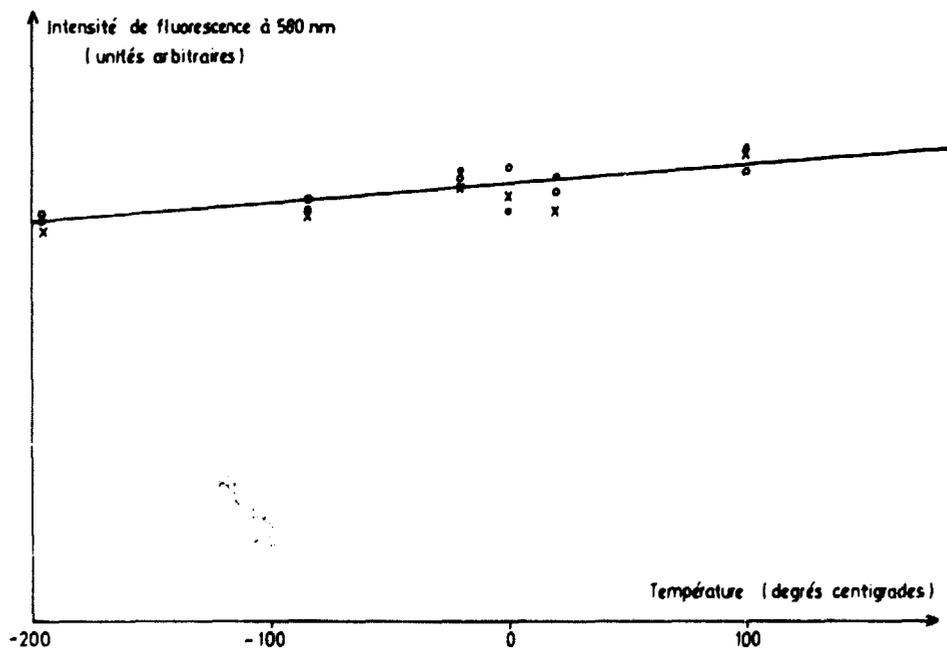


Fig. 10. Variation de l'intensité de fluorescence en fonction de la température d'irradiation (verres de composition 5)

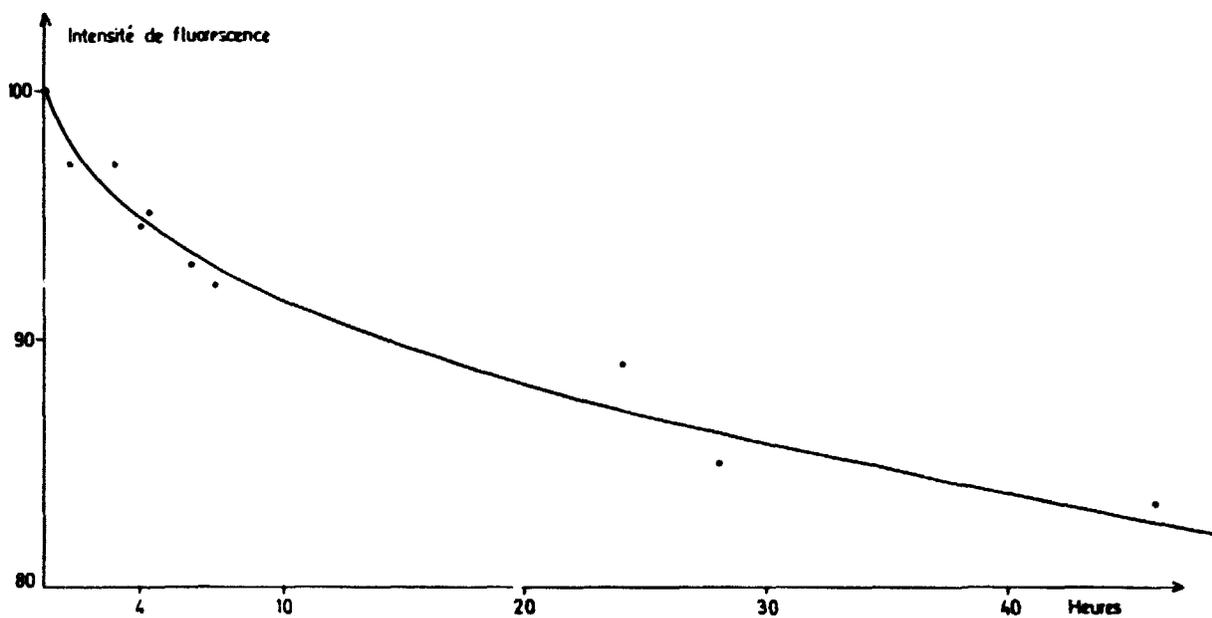


Fig 11. Variation de la réponse d'un dosimètre PB 33 laissé sous excitation ultra violette (lecteur Toshiba FGD.6)

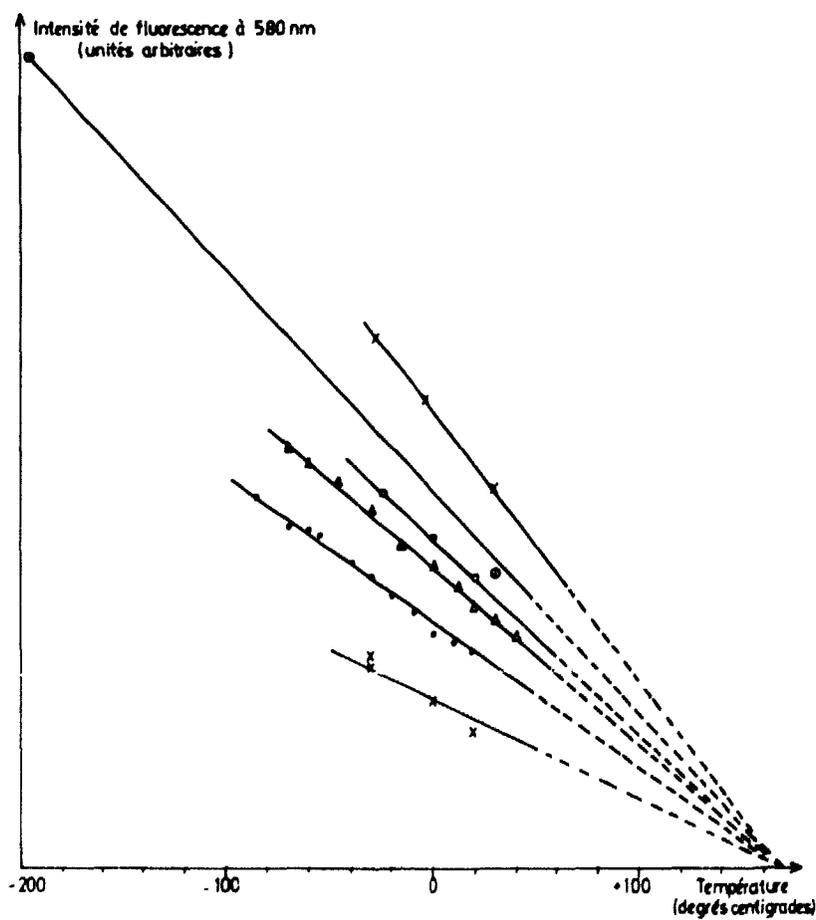


Fig 12. Variation de l'intensité de fluorescence en fonction de la température de mesure. (verres de composition 5).



*Edité par
le Service de Documentation
Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay
Boîte Postale n° 2
91 190 - Gif-sur-YVETTE (France)*