

COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE

CEA-R-4669
FR7601145
INIS

**RECOMMANDATIONS CONCERNANT LA
DOSIMETRIE EN CAS D'ACCIDENT
DE CRITICITE**

par

le Groupe de travail n° 9
des Services de Radioprotection

Centre d'Etudes Nucléaires de Cadarache

Rapport CEA-R-4669

PLAN DE CLASSIFICATION DES RAPPORTS ET BIBLIOGRAPHIES CEA
(Classification du système international de documentation nucléaire SIDON/INIS)

A 11	Physique théorique	C 30	Utilisation des traceurs dans les sciences de la vie
A 12	Physique atomique et moléculaire	C 40	Sciences de la vie ; autres études
A 13	Physique de l'état condensé	C 50	Radioprotection et environnement
A 14	Physique des plasmas et réactions thermonucléaires		
A 15	Astrophysique, cosmologie et rayonnements cosmiques	D 10	Isotopes et sources de rayonnements
A 16	Conversion directe d'énergie	D 20	Applications des isotopes et des rayonnements
A 17	Physique des basses températures		
A 20	Physique des hautes énergies	E 11	Thermodynamique et mécanique des fluides
A 30	Physique neutronique et physique nucléaire	E 12	Cryogénie
		E 13	Installations pilotes et laboratoires
B 11	Analyse chimique et isotopique	E 14	Explosions nucléaires
B 12	Chimie minérale, chimie organique et physico-chimie	E 15	Installations pour manipulation de matériaux radioactifs
B 13	Radiochimie et chimie nucléaire		
B 14	Chimie sous rayonnement	E 16	Accélérateurs
B 15	Corrosion	E 17	Essais des matériaux
B 16	Traitement du combustible	E 20	Réacteurs nucléaires (en général)
B 21	Métaux et alliages (production et fabrication)	E 30	Réacteurs nucléaires (types)
B 22	Métaux et alliages (structure et propriétés physiques)	E 40	Instrumentation
B 23	Céramiques et composites	E 50	Effluents et déchets radioactifs
B 24	Matières plastiques et autres matériaux		
B 25	Effets des rayonnements sur les propriétés physiques des matériaux	F 10	Economie
B 30	Sciences de la terre	F 20	Législation nucléaire
		F 30	Documentation nucléaire
C 10	Action de l'irradiation externe en biologie	F 40	Sauvegarde et contrôle
C 20	Action des radioisotopes et leur cinétique	F 50	Méthodes mathématiques et codes de calcul
		F 60	Divers

Rapport CEA-R-4669

Cote-matière de ce rapport : D.10

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

en français

ACCIDENTS DUS AUX RAYONNEMENTS
CRITICITE
DOSIMETRES
DOSIMETRIE DU PERSONNEL
DOSIMETRIE DES NEUTRONS
DOSIMETRIE GAMMA
DETECTEURS PARA-ACTIVATION

en anglais

RADIATION ACCIDENTS
CRITICALITY
DOSEMETERS
PERSONNEL DOSIMETRY
NEUTRON DOSIMETRY
GAMMA DOSIMETRY
ACTIVATION DETECTORS

— Rapport C E A - R - 4669 —

Centre d'Etudes Nucléaires de Cadarache
Département de Sûreté Nucléaire
Service d'Etudes et de Sûreté Radiologique

**RECOMMANDATIONS CONCERNANT LA DOSIMETRIE EN CAS
D'ACCIDENT DE CRITICITE**

par

**le Groupe de travail n° 9
des Services de Radioprotection**

— JUILLET 1975 —

DOCUMENT ETABLI PAR LE GROUPE DE TRAVAIL N° 9

Mme TABARDEL-BRIAN	SPR/Marcoule
M. ANNO	SPR/BIII
BRICKA	SESE-CI/Cadarache
GUERRE	SPR/VALDUC
HADDAD	SPRE/GRENOBLE
LASSEUR	SPR/FONTENAY
MEDIONI	STEPPA/FONTENAY
SEELDHAUER	SPR/LA HAGUE
TOURRET	SPR/Cadarache
ZKHBIB	SPR/Saclay

Préambule de M. DOUSSET (DPr/Fontenay)

Ont également participé à l'élaboration de ces recommandations :

MM. DERMANN, BESLU, BURCKHARD, KISSEL, MARCHAL,
PREVOT, BERNARD, SOUDAIN

P L A N

- PREAMULE -	1
1. - INTRODUCTION	2
2. - CARACTERISTIQUES D'UN SYSTEME DE DOSIMETRIE DES ACCIDENTS DE CRITICITE	3
2.1. Principes généraux	3
2.2. Dosimétrie individuelle et dosimétrie de zone	3
2.3. Critères généraux d'implantation	3
3. - MATERIELS EN SERVICE AU C.E.A.	3
3.1. Dosimètre de zone	3
3.1.1. Dosimètre de zone DCZ 50	3
3.1.2. Dosimètre de zone DCZ 22	3
3.2. Dosimètre individuel	3
3.2.1. Dosimètre individuel PS 1C	3
3.2.2. Dosimètre individuel DM 6C	3
3.3. Ceinture de criticité	3
3.3.1. Ceinture de criticité CC 1	3
3.3.2. Ceinture de criticité CC 2	11
4. - OPERATIONS A EFFECTUER APRES UN ACCIDENT DE CRITICITE POUR LES BESOINS DE LA DOSIMETRIE	11
4.1. Dépistage et tri	11
4.2. Récupération des dispositifs dosimétriques	11
4.3. Recueil des témoignages	13
5. - ORGANISATION DES COMPTAGES	14
5.1. Principes généraux	14
5.2. Préparation des détecteurs en vue de la mesure	14
5.3. Procédures de comptage	16
5.4. Correction des comptages	17
5.5. Mesures de doses gamma	17
5.5.1. Correction des mesures de doses gamma	17
6. - EVALUATION DE LA DOSE ABSORBEE MAXIMALE	19
6.1. Système complet : Ceinture - Dosimètre individuel - Dosimètre de zone	20
6.1.1. Première évaluation	20
6.1.2. Evaluation corrigée	20
6.1.3. Détermination de l'orientation	21

LEXIQUE DES ABREVIATIONS ET SIGLES

DOSIMETRES INDIVIDUELS

- PS 1C = Dosimètre individuel de criticité.
DM 6C = Dosimètre individuel de criticité (Type Marcoule).
CC1 = Ceinture de criticité (Type Marcoule).
CC2 = Ceinture de criticité.

DOSIMETRES DE ZONE

- DCZ 50 = Dosimètre criticité de zone pour les détecteurs de diamètre 50 mm.
DCZ 22 = Dosimètre criticité de zone pour les détecteurs de diamètre 22 mm (circuit pneumatique).
SNAC 50 = Spectromètre neutrons à activation de diamètre 50 mm.
SNAC 22/3 = Spectromètre neutrons à activation de diamètre 22 mm.

FORMULES

- Dose PLC = Dose due aux particules lourdes chargées.
Dose $(n\gamma)_{S\gamma}$ = Dose (n,γ) dans l'élément 57 du fantôme de Snyder et correspondant à la dose maximale absorbée.
Dose γ_n = Surestimation de la dose g.ema, due à l'action des neutrons sur le dosimètre gamma.
Dose $(n\gamma)_S$ = Dose correspondant aux gamma émis par le corps humain par suite des réactions (n,γ) de capture.

MANIPULATIONS

- CRAC = Programme d'étude des Conséquences Radiologiques d'un Accident de Criticité.

APPAREILLAGE DE MESURE

- IFAB = Intégrateur portable α, β (NARDEUX)
GME = Gammamètre (NARDEUX)
DSM = Détecteur à sondes multiples (polyradimètre à transistor) (NARDEUX)
DT 12 = Détecteur portatif multisondes (radimètre transistorisé) (NARDEUX)
SPF 3 = Scintillomètre portatif de prospection (S.R.A.T.)

Le principal objectif de la dosimétrie en cas d'accident de criticité est de donner au médecin des indications utiles pour établir un pronostic et décider éventuellement d'une thérapeutique.

Dans les cas les plus graves, lorsque le système nerveux central ou les tissus de l'intestin ont été exposés à des doses très élevées l'issue fatale est inévitable et l'évaluation de l'ordre de grandeur de la dose absorbée totale au point où elle est maximale dans l'organisme peut être suffisante.

Par contre, dans les cas les plus critiques où il faut définir une ligne de conduite, dans le cas par exemple d'une irradiation de la majeure partie de l'organisme avec des doses comprises entre 100 et 800 rads, évaluer la dose absorbée maximale dans l'organisme ne peut être qu'une première démarche qui donne une indication sur la sévérité de l'exposition et sur l'opportunité de diriger la victime vers un service spécialisé. Pour le médecin qui prend alors ce malade en charge, des informations dosimétriques beaucoup plus élaborées peuvent être utiles, parfois même nécessaires.

C'est ainsi qu'il attachera une grande importance à la distribution spatiale des doses dans l'organisme. Dans le cas où le syndrome hématologique est dominant, l'évolution clinique de la maladie dépend étroitement des doses reçues au niveau des différentes régions où se trouve répartie la moelle osseuse; l'hétérogénéité de la dose, la protection d'une partie, même faible, de la moelle peut jouer un rôle favorable très important dans le phénomène de restauration.

De plus, on peut être amené à pondérer les différentes composantes de la dose absorbée par des facteurs d'efficacité qui, pour les expositions aiguës, sont encore mal connus, mais qui font l'objet de recherches de la part de nombreux laboratoires de radiopathologie; il faudra donc évaluer séparément, au niveau des organes importants, la dose absorbée due aux particules chargées lourdes d'une part et la dose absorbée due aux rayonnements γ [γ externes et γ des réactions (n, γ)] d'autre part.

Pour que de telles évaluations puissent être effectuées, il est essentiel que toutes les informations que l'on s'efforcera d'obtenir par l'enquête sur les circonstances de l'accident et par l'exploitation des dispositifs de dosimétrie aussi bien collective qu'individuelle, permettent de définir le plus parfaitement possible le champ de rayonnements aux différentes positions occupées par la victime avec les caractéristiques que ce champ aurait eues en l'absence de la victime. Tous les programmes de calcul qui ont été établis pour évaluer les composantes de la dose absorbée à l'intérieur de fantômes simulant le corps humain partent, en effet, de faisceaux de rayonnements non perturbés par la présence du fantôme.

Dans l'idéal, les caractéristiques du champ qu'il faudrait connaître sont, pour chaque type de rayonnements (γ , neutrons) et compte tenu des différentes positions successivement occupées par la personne en cause :

- les fluences de particules qui ont atteint les différentes parties de la surface de l'organisme,
- l'angle d'incidence de ces particules,
- leur spectre énergétique.

Dans la pratique, les informations que l'on peut obtenir sont, en général, beaucoup moins précises. Bien des dispositifs, par exemple, donnent directement des doses (doses dans certains milieux, derrière certaines parois ...) et n'apportent ainsi qu'une première indication. Lorsqu'on veut en déduire des doses absorbées à l'intérieur de l'organisme, une interprétation est nécessaire à la lumière des renseignements sur les spectres, incidences, etc... que fournissent d'autres moyens dosimétriques.

D'une façon générale, d'ailleurs, c'est en vérifiant la cohérence de toutes les informations rassemblées que l'on pourra acquérir quelque certitude sur les valeurs des paramètres nécessaires à l'évaluation des doses internes.

Malgré toutes les imperfections et les insuffisances qui sont ainsi inévitables dans la pratique, il ne faut pas perdre de vue l'idéal vers lequel on doit tendre (la connaissance de toutes les caractéristiques du champ) surtout au moment où l'on décide du choix et de la mise en place des dispositifs dosimétriques qui devront être exploités en cas d'accident de criticité.

1. - INTRODUCTION

Le Colloque de Stockholm sur la prévention de la criticité des produits fissiles [1] (novembre 1965) a nettement défini que, quelles que soient les précautions prises, un accident de criticité reste toujours dans le domaine du possible. Il a confirmé la nécessité d'étudier, de développer et mettre en place des moyens pour limiter et évaluer les conséquences d'un éventuel accident. Ces moyens sont, essentiellement, les appareils d'alarme et les dispositifs dosimétriques.

Le présent document traite exclusivement de la dosimétrie en cas d'accident de criticité et laisse de côté la question des dispositifs d'alarme.

Ces recommandations ont pour objet :

- de préciser les caractéristiques d'un système dosimétrique applicable aux mesures à effectuer après un accident de criticité;
- de présenter les matériels existants actuellement au Commissariat à l'Energie Atomique, et utilisables dans les installations nucléaires de base;
- de définir les conditions d'emploi et les techniques précises d'exploitation de ces matériels.

[1] A.I.E.A. - Criticality control of fissile materials
C.R. Coll. Stockholm 1965 (AIEA - Vienne 1966).

2. - CARACTERISTIQUES D'UN SYSTEME DE DOSIMETRIE DES ACCIDENTS DE CRITICITE

2.1. - Principes généraux

La donnée essentielle, dont on souhaite pouvoir disposer pour tout individu irradié, est la dose absorbée maximale (dose multicollision), évaluée avec les précisions suivantes :

50% le premier jour,
25% par la suite.

Toutes informations supplémentaires seront, bien entendu, intéressantes pour une bonne compréhension des conditions de l'accident.

Les caractères propres à une excursion critique sont :

- probabilité d'accident faible,
- position et puissance de la source non définies,
- complexité du rayonnement émis.

Pour tenir compte de ces données le système dosimétrique devra :

- être simple et de prix de revient faible pour permettre une large diffusion dans les installations;
- ne nécessiter pratiquement aucune maintenance;
- comporter des détecteurs ayant une réponse spécifique aux gamma, d'une part, aux neutrons d'autre part, ou, à défaut, permettant l'évaluation des conditions de l'exposition à chacune de ces deux catégories de rayonnements;
- permettre, en ce qui concerne les détecteurs neutrons, de tenir compte des variations possibles de la distribution en énergie en vue du calcul des différentes grandeurs caractérisant la dose reçue;
- fonctionner comme intégrateur, mais ne pas être affecté par le débit de dose.

Il devra, en outre :

- être résistant au choc, étanche à l'eau et aux vapeurs chimiques, protégé de la contamination;
- pouvoir être exploité assez rapidement, après l'irradiation.

2.2. - Dosimétrie individuelle et dosimétrie de zone

Les dosimètres individuels, en l'état actuel des connaissances, ne permettent

pas, à eux seuls, une dosimétrie précise, étant placés au contact du corps qui se comporte comme une "source secondaire" de rayonnements.

Ils sont cependant utilisables pour obtenir, rapidement une première évaluation des doses reçues par leurs porteurs.

Aux dosimètres individuels s'ajouteront des dosimètres de zone destinés à caractériser le champ de rayonnement dans l'espace considéré, la zone étant définie comme une portion d'espace dans laquelle le spectre des rayonnements varie peu.

L'ensemble des résultats dosimétriques, donnés par les deux dispositifs de mesure, permettra de mieux approcher la réalité.

Le système dosimétrique comportera donc nécessairement :

- des dosimètres individuels,
- des dosimètres de zone.

2.3. - Critères généraux d'implantation

Des dosimètres individuels criticité devront obligatoirement être portés par toutes les personnes ayant accès à des zones dans lesquelles il y a possibilité d'excursion critique.

Le nombre et l'implantation des dosimètres de zone seront fonction de la structure de l'installation, les zones qu'il est nécessaire d'équiper étant définies à partir de l'accident maximal caractéristique, soit 10^{18} fissions. La figure 1 donne, pour cette puissance de référence, l'évolution de la dose en fonction de la distance en espace nu.

Le seuil retenu étant de 25 rads, le rayon de la zone à couvrir est de l'ordre de 30 mètres. La présence d'éléments de protection peut réduire notablement l'importance de cette zone.

Pour la mise en place des dosimètres de zone, on prendra en considération :

- les zones à l'intérieur desquelles il existe une source critique potentielle dont les dosimètres permettront, le cas échéant, de définir les caractéristiques (fluence et spectre des rayonnements émis);
- les zones qui constituent des lieux de travail habituels pour le personnel et dans lesquelles les dosimètres de zone contribueront à la détermination des doses individuelles.

Les dosimètres seront, dans la mesure du possible fixés sur des structures légères (profilés, cloisons métalliques ...). Si l'on est dans l'obligation de les implanter sur des structures massives (murs, colonnes ...), le support sera conçu de façon à ménager un intervalle minimum de 10 cm entre le dosimètre et la structure sur laquelle il est placé.

De plus, si le dosimètre est anisotrope, son orientation dans le local doit être repérée et sa face avant orientée vers la source potentielle lorsque celle-ci peut être définie.

Dans le choix des emplacements entrera également en ligne de compte la facilité de récupération. Des moyens de récupération à distance sont particulièrement souhaitables pour les dosimètres qui contribuent à définir correctement la source. Lorsque la récupération manuelle est envisagée, les dosimètres seront placés, de préférence, sur les trajets d'évacuation prévus en cas d'accident.

Des exercices d'alerte, simulant les conditions d'un accident de criticité, ont montré que le nombre des dosimètres de zone récupérés lors de l'évacuation était faible. Compte tenu de cette probabilité réduite, il est nécessaire de prévoir un assez grand nombre de dosimètres.

Enfin, les niveaux permanents d'irradiation aux emplacements choisis pour les dosimètres de zone ne devront pas dépasser quelques millirads par jour. Dans le cas contraire, un contrôle périodique des détecteurs gamma sera institué.

Un support mécanique (figure 3) est prévu pour recevoir le SNAC 50 et les verres dosimètres qui sont logés dans une cavité du manche de la partie récupérable. Un aimant et un plombage léger assurent la liaison entre la partie fixe et la partie récupérable du support.

L'orientation du SNAC est définie :

- par deux ergots dans l'aimant de liaison d'une part,
- par l'étiquetage du SNAC 50, d'autre part.

3.1.2. Dosimètre de zone DCZ 22

Un ensemble de diamètre réduit a été réalisé en vue de la récupération par tube pneumatique.

Ses éléments constitutifs sont :

- deux verres radiophotoluminescents GEC, type PB, logés dans les cavités d'un petit boîtier d'aluminium à couvercle rotatif (figure 4);
- un spectromètre neutrons à activation SNAC 22/3.

Le SNAC 22/3 comporte les mêmes éléments que le SNAC 50, le diamètre des pastilles étant réduit à 22 mm, mais chacune d'elles figurant en triple exemplaire. L'Annexe A.I donne les caractéristiques de ces pastilles. Le boîtier, en cadmium de 0,8 mm d'épaisseur a un diamètre intérieur de 22,5 mm et une hauteur de 17 mm.

Le SNAC 22/3 et le boîtier contenant les verres peuvent être insérés dans un étui de polyéthylène qui constitue un curseur utilisable pour des tubes pneumatiques de 25 mm de diamètre intérieur.

Divers supports mécaniques (figures 6 et 7) sont également prévus pour recevoir l'ensemble SNAC 22/3 - verres et en permettre la récupération manuelle. L'orientation et le numéro de ces détecteurs sont définis par le support correspondant.

L'ensemble SNAC 22/3, verres et support, constitue le dosimètre criticité de zone DCZ 22.

3.2. - Dosimètres individuels

3.2.1. Dosimètre individuel criticité PS 1C

Le PS 1C a été réalisé à partir du dosimètre individuel PS 1 par adjonction d'un boîtier criticité. Deux logements pour les verres radiophotoluminescents GEC type PB ont été ménagés entre le PS 1 et le boîtier criticité (figure 8). Ce boîtier contient, outre une bande d'indium utilisable, le cas échéant, pour le dépistage des agents irradiés :

La position du bouton d'ouverture de la boucle — en haut et à droite — définit la mise en place correcte de la ceinture.

A chaque ceinture correspond un numéro inscrit sur la boucle et reproduit sur les quatre boîtiers. Le repérage de position des boîtiers est défini par les initiales N (Nord), S (Sud), E (Est), W (Ouest), la position Nord correspondant au boîtier porté sur l'abdomen.

3.3.2. Ceinture de criticité CC 2

La ceinture de criticité type CC 2 est une bande de tissu caoutchouté "Extrasouple" de largeur 4 centimètres. La fermeture est assurée par une boucle à agrafage simple (figure 11).

Au revers de la ceinture deux bandes de tissu élastique de largeur moitié sont rapportées et cousues de façon à ménager à intervalles réguliers 6 goussets dans lesquels prennent place les pastilles détectrices.

L'utilisation de tissu élastique permet dans une certaine mesure de respecter la répartition angulaire des détecteurs, quelle que soit la corpulence du porteur de la ceinture.

Les détecteurs sont des pastilles d'ébonite dont la teneur en soufre est de l'ordre de 40 %. Elles sont numérotées de 1 à 6 pour repérage de leur position (diamètre : 30 mm - épaisseur : 3 mm).

Une étiquette cousue au niveau de l'agrafage de la boucle permet l'identification de la ceinture et sert de repérage d'origine pour les détecteurs.

La position de cette étiquette — côté main droite du porteur — définit la mise en place correcte de la ceinture.

L'activité de l'indium sera déterminée en plaçant le dosimètre individuel au voisinage immédiat de l'appareil de mesure. Elle permet seulement d'indiquer le niveau relatif ou l'absence d'irradiation.

L'activité en sodium 24 , par contre, est susceptible de donner une première évaluation grossière de la dose reçue. Cette mesure peut être effectuée de diverses façons (figure 13) :

- en plaçant le détecteur sur l'abdomen au niveau de l'ombilic du sujet debout ou allongé (Géométrie I);
- si l'activité est suffisante, on obtient également une mesure correcte avec le détecteur placé à 1 mètre de l'individu debout (Géométrie II);
- en plaçant ce même détecteur au niveau du pubis du sujet assis (Géométrie III).

La valeur précise de l'activité sodium 24 sera obtenue par la suite au Service Médical avec l'anthroporadiamètre et recoupée, éventuellement, par des mesures sur prélèvements sanguins.

4.2. - Récupération des dispositifs dosimétriques

C'est au point de regroupement que seront collectés la plupart de ces dispositifs :

- les dosimètres individuels et ceintures dont il est nécessaire de pouvoir identifier le porteur,
- les dosimètres de zone récupérables manuellement qui auront été rapportés par le personnel évacué.

La récupération des dosimètres télérécupérables et des dosimètres fixes sera demandée aux équipes d'intervention. Elle devra s'effectuer le plus tôt possible après l'accident, la date et l'heure de la récupération étant notées. Ces dosimètres seront, sauf indication contraire en cas de récupération très tardive, ramenés au point de regroupement.

Il est indispensable, avant de transmettre ces différents dispositifs dosimétriques au laboratoire chargé de leur exploitation, de déceler les contaminations possibles et de décontaminer si nécessaire.

Ces procédures de décontamination doivent être aussi brèves que possible pour ne pas retarder la transmission des dosimètres au laboratoire de mesure. On ne livrera, cependant, au laboratoire que des dosimètres non contaminants.

5. - ORGANISATION DES COMPTAGES

L'exploitation correcte des dispositifs dosimétriques, après un accident de criticité, nécessite une organisation préalable du travail du Laboratoire de mesures en vue de planifier les opérations de comptage à effectuer. Le Chef du Laboratoire ou la personne chargée de coordonner les mesures devra donc être prévenue aussitôt que possible après l'accident. Le laboratoire disposera ainsi, avant la livraison des dispositifs dosimétriques récupérés par les équipes d'intervention, des délais nécessaires à la mise en place de son personnel et de ses moyens de comptage.

L'organisation la plus rationnelle est la répartition du personnel en deux équipes :

- Une équipe "Dosimètres individuels" comportant :
 - . un groupe "Mesures Neutron",
 - . un groupe "Mesures Gamma".

- Une équipe "Dosimètres de zone" comportant également :
 - . un groupe "Mesures Neutron",
 - . un groupe "Mesures Gamma".

Chaque groupe disposera du matériel qui lui est nécessaire, et en effectuera la mise en route ainsi que les opérations préliminaires tels que comptage des bruits de fond. On peut se contenter d'un seul groupe pour les mesures gamma : le nombre de détecteurs gamma à traiter est proportionnellement moins important que celui des détecteurs neutrons. Ce groupe unique travaillerait alors, en priorité, pour l'équipe "Dosimètres individuels".

5.1. - Principes généraux

Le Chef de Laboratoire ou la personne chargée de coordonner les mesures aura à tenir compte pour l'organisation des comptages :

- du nombre des ensembles dosimétriques à exploiter. Quelques unités ne posent pas de problèmes particuliers, mais dès que l'on atteint la dizaine, il devient nécessaire d'établir un planning de comptage assez serré. Un premier tri élémentaire (faibles activités - fortes activités) peut être utile pour l'établissement de ce planning;

- de l'ordre d'urgence pour la détermination des doses, les premiers résultats à fournir étant les doses individuelles avec une précision de 50 %. Ceci implique qu'une certaine priorité soit donnée à l'exploitation des dosimètres

On prévoira une quantité suffisante de boîtes ou de casiers pouvant contenir chacun la totalité des constituants d'un ensemble donné : dosimètre de zone, dosimètre individuel, ou ceinture. Ces récipients peuvent porter ou recevoir une numérotation arbitraire. Il sera alors nécessaire d'établir une liste de correspondance entre cette numérotation et les repères de numéros portés par les ensembles. On peut également admettre de placer dans le récipient, avec les détecteurs, l'élément de repérage de l'ensemble qui est le plus souvent son emballage.

La méthode la plus sûre, pour parer à toute interversion ultérieure, consiste à repérer par un même numéro tous les éléments d'un même ensemble : on utilisera pour cela, soit un crayon feutre, soit des étiquettes auto-collantes. Des précautions sont à prendre pour l'or dont la couche mince est fragile.

La numérotation individuelle des détecteurs est la seule méthode permettant d'opérer en toute sécurité lorsqu'on envisage le comptage en série, sur passeur automatique, en fonction des périodes : les détecteurs se trouvent alors regroupés non par ensemble mais par catégories - cuivre, magnésium, or, soufre.

5.3. - Procédures de comptage

Les détecteurs ayant été préparés et toutes les précautions nécessaires ayant été prises pour éviter les interversions, on pourra procéder aux comptages.

Il est cependant recommandé, afin de ne pas être gêné par les périodes parasites, de ne pas effectuer les mesures moins de 4 ou 5 heures après l'irradiation. Cette restriction ne s'applique pas, cependant, aux quelques comptages nécessaires à l'estimation grossière de la dose en première urgence. Certaines règles sont également à respecter concernant les détecteurs d'or :

- pour les dosimètres de zone, la face mate du détecteur doit être orientée vers la fenêtre du compteur,
- pour les dosimètres individuels, il y a lieu de rechercher par un comptage sommaire, la face la plus active et d'effectuer les comptages définitifs sur cette face.

Les comptages peuvent être effectués :

- soit sur le compteur normalisé Amperex 18546 dont la description et le mode d'emploi sont donnés à l'Annexe A.II;
- soit sur les chaînes de comptage habituellement utilisées dans le laboratoire - RA 12, RA 15 ou autres - suivant les procédures usuelles d'utilisation de ces chaînes. Une calibration appropriée de l'ensemble des compteurs est alors nécessaire. Les modalités de cette calibration sont définies à l'Annexe A.III.

Les résultats des mesures sont relevés sur des feuilles de comptage spécialement conçues, sur lesquelles seront par la suite effectuées les corrections nécessaires de

temps mort, de bruit de fond et de décroissance.

Si l'on utilise, pour la détermination des fluences et doses par les formules linéaires, une petite calculatrice, les corrections à envisager peuvent cependant être programmées et, ainsi, effectuées automatiquement.

5.4. - Correction des comptages

Pour obtenir les valeurs de comptage à utiliser dans les formules d'exploitation, il est nécessaire d'effectuer sur les valeurs mesurées, un certain nombre de corrections.

Ces corrections concernent :

- la perte de comptage par temps mort du compteur,
- le bruit de fond,
- la décroissance de l'activité des détecteurs entre l'instant de l'irradiation et celui du comptage,
- la décroissance de cette activité pendant l'irradiation ou pendant le comptage,
- la masse des détecteurs qui peut être légèrement différente de la masse théorique (cette correction concerne uniquement les détecteurs de cuivre).

A.II regroupe les données nécessaires pour effectuer ces corrections.

5. - Les doses gamma

Les radiophotoluminescents qui équipent les dosimètres de zone et les dosimètres individuels peuvent être lus assez rapidement après l'irradiation, bien que cela donne une légère sous-évaluation de la dose lue.

Les opérations de préparation des verres pour la lecture pourront être plus sommaires. Les verres conservant l'information, la lecture précise sera faite ultérieurement, en vue de la détermination des doses corrigées.

L'évitement des films nécessite un laboratoire équipé pour leur traitement et leur lecture. Il est recommandé de les séparer dès que possible de leur boîtier dont certains constituants ont pu être activés. Ils seront alors acheminés vers un laboratoire de photométrie pour développement en urgence.

5.5.1. Correction des mesures de doses gamma

Les corrections à effectuer sur les mesures de doses gamma portent sur :

- la prédose, qui peut être négligée si l'irradiation a été relativement impor-

tante et si le dosimètre n'a subi aucune exposition antérieure au rayonnement gamma.

— la dose γ_n , due à l'action directe des neutrons sur le dosimètre gamma.

Pour les dosimètres gamma individuels, il faut, si possible, distinguer de la dose due aux photons incidents la dose $(n, \gamma)_s$ — dose (n, γ) en surface — correspondant aux photons émis par le corps humain par suite des réactions (n, γ) de capture.

La détermination des doses γ_n et $(n, \gamma)_s$ nécessite l'utilisation de données sur la fluence des neutrons. Elle est, de ce fait, traitée aux chapitres suivants.

6.1. - Système complet - Ceinture - Dosimètre individuel - Dosimètre de zone

6.1.1. Première évaluation

Les données nécessaires pour une première évaluation des doses reçues sont fournies par les constituants de la ceinture de criticité et du dosimètre individuel.

Les coefficients et formules à utiliser sont donnés à l'Annexe A.III.

Un premier comptage rapide des pastilles de la ceinture permet de déceler la plus active et d'avoir ainsi une première information sur l'orientation du porteur.

Le taux de comptage corrigé (C4) de cette pastille multiplié par le coefficient approprié donne, en principe, la dose absorbée maximale due aux particules lourdes chargées (Dose PLC).

Il sera bon de vérifier par une détermination sommaire de la période de décroissance que l'activité mesurée correspond bien au phosphore 32 ($T = 14,2$ jours). Cette vérification est particulièrement importante dans le cas de l'ébonite pour laquelle les activités parasites sont relativement importantes en fin d'irradiation.

Si le dosimètre individuel faisait face à la source, le taux de comptage des plaques de soufre permet également une détermination de la dose PLC.

La dose maximale absorbée due aux réactions (n, γ) dans l'organisme — Dose (n, γ)_B — s'obtient à partir de l'activité de la pastille d'or sous cadmium du dosimètre individuel. Elle sera, évidemment, sous évaluée si le porteur du dosimètre ne faisait pas face à la source.

La dose due aux photons incidents — Dose γ_n — est déduite de la dose lue sur le dosimètre γ . Les activités de l'or nu et de l'or sous cadmium permettent d'effectuer les corrections nécessaires : effet des neutrons thermiques sur le dosimètre gamma, dose (n, γ)_B à la surface du corps.

6.1.2. Evaluation corrigée

Les dosimètres de zone, plus complets que les dosimètres individuels et situés, théoriquement, en espace dégagé permettent des mesures plus précises.

On peut admettre que dans la zone couverte par un dosimètre, les diverses composantes de la dose maximale absorbée restent proportionnelles.

Des formules linéaires des activités des détecteurs du SHAC permettent le calcul de ces composantes au niveau de la station.

Les formules nécessaires sont données à l'Annexe A.III.

Pour obtenir les doses correspondantes au niveau de l'individu irradié, on utilisera un coefficient de transfert — K_T — basé sur la comparaison des activités du sou-

station. L'Annexe A.III indique les équivalences entre comptages sur *Amperex* et désintégrations ^{32}P par seconde.

6.2.2. Dosimètres individuels - Absence de dosimètres de zone

6.2.2.1. Première évaluation

La première évaluation peut, dans ce cas, être faite avec une précision raisonnable. On se référera à la procédure indiquée au paragraphe 6.1.1 pour le système complet et aux formules de l'Annexe A.III.

6.2.2.2. Évaluation corrigée

Si l'on peut rattacher la source accidentelle à un type de source déjà étudié, les données de l'Annexe A.III apportent des précisions supplémentaires sur les coefficients à appliquer aux données du dosimètre individuel pour le calcul des différentes composantes de la dose :

— Dose PLC / Activité soufre PS 1C ou DM 6.

— Dose $(n, \gamma)_{57}$ / Activité or sous cadmium.

— Dose γ / Dose PLC + $(n, \gamma)_{57}$

6.3. - Absence de dispositifs dosimétriques

6.3.1. Première évaluation

En l'absence de tout dispositif dosimétrique, on ne dispose, pour la première évaluation, que de l'activité globale en sodium 24, que l'on peut déduire de la mesure effectuée lors du tri des agents irradiés.

L'Annexe A.III donne, d'une part, la correspondance entre la valeur lue sur un certain nombre de radiamètres courants et l'activité globale en sodium 24, d'autre part le coefficient de correction à appliquer en fonction du temps écoulé entre l'irradiation et la mesure. Ce coefficient tient compte, outre la décroissance du sodium 24, de celle du chlore 38 initialement présent dans le sang irradié.

Un tableau figurant également à l'Annexe A.III permet, en fonction de la nature de la source, d'adopter, pour le calcul de la dose, le rapport $(\text{Dose PLC} + (n, \gamma)_{57}) / \text{Activité } ^{24}\text{Na}$. Le rapport $(\text{Dose } \gamma / \text{Dose PLC} + (n, \gamma)_{57})$ correspondant permet ensuite une évaluation de la dose γ .

6.3.2. Évaluation corrigée

On pourra, généralement, disposer par la suite de données plus précises :

LISTE DES FIGURES

- Figure 1 - Evolution de la dose en fonction de la distance
- Figure 2 - Spectromètre neutrons à activation SNAC.50
- Figure 3 - Dosimètre de zone DCZ.50
- Figure 4 - Boîtier pour verres radiophotoluminescents
- Figure 5 - Spectromètre neutrons à activation SNAC 22/3
- Figure 6 - Dosimètre de zone DCZ.22 - Type Marcoule
- Figure 7 - Dosimètre de zone DCZ.22 - Type : Hague
- Figure 8 - Dosimètre individuel criticité PS 10
- Figure 9 - Dosimètre individuel criticité DM 6C
- Figure 10 - Ceinture de criticité CG 1
- Figure 11 - Ceinture de criticité CG 2
- Figure 12 - Déroulement des opérations
- Figure 13 - Evaluation globale en ^{24}Na de l'activité
- Figure 14 - Questionnaire
- Figure 15 - Localisation de l'élément 57
- Figure 16 - Contribution au Kerma des différentes particules chargées



FIGURE 2 SPECTROMETRE NEUTRONS A ACTIVATION SNAC 50



FIGURE 4 BOITIER POUR VERRES RADIOPHOTOLUMINESCENTS

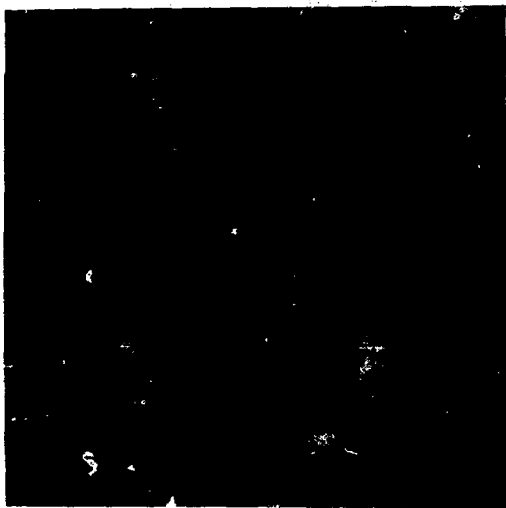


FIGURE 5 SPECTROMETRE NEUTRONS A ACTIVATION SNAC 22/3

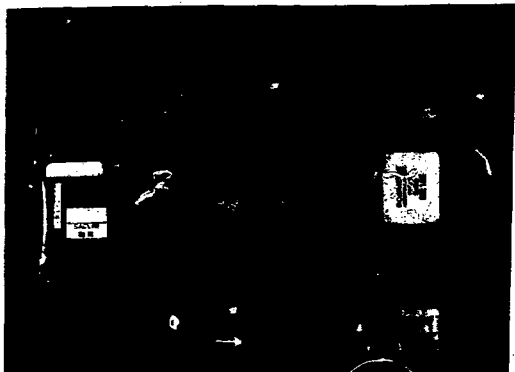


FIGURE 8 DOSIMETRE INDIVIDUEL CRITICITE PS1 C

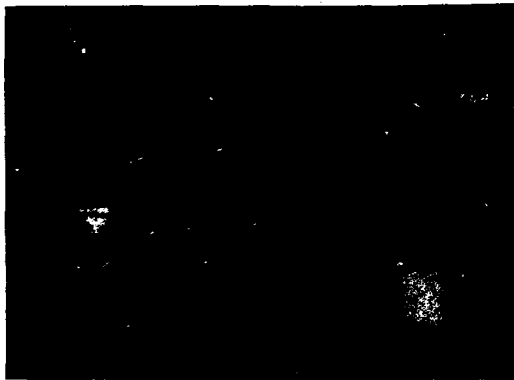


FIGURE 9 DOSIMETRE INDIVIDUEL CRITICITE DM6 C

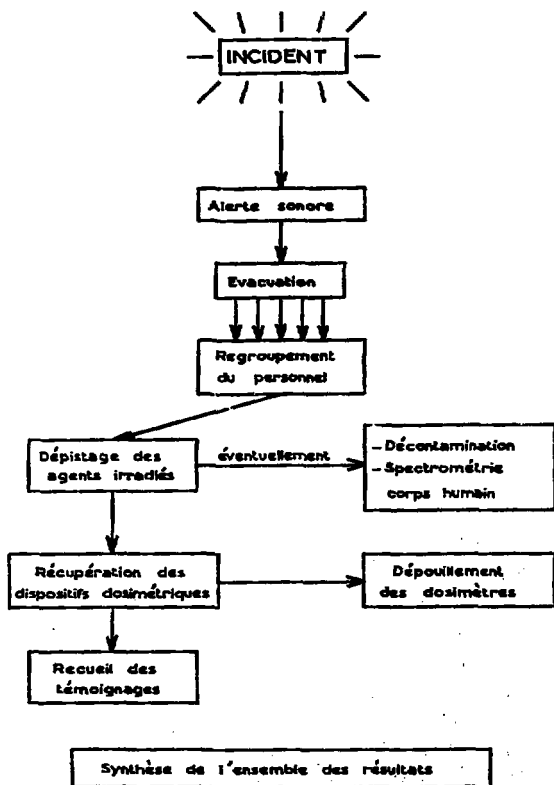


FIGURE 12 DEBOULEMENT DES OPERATIONS

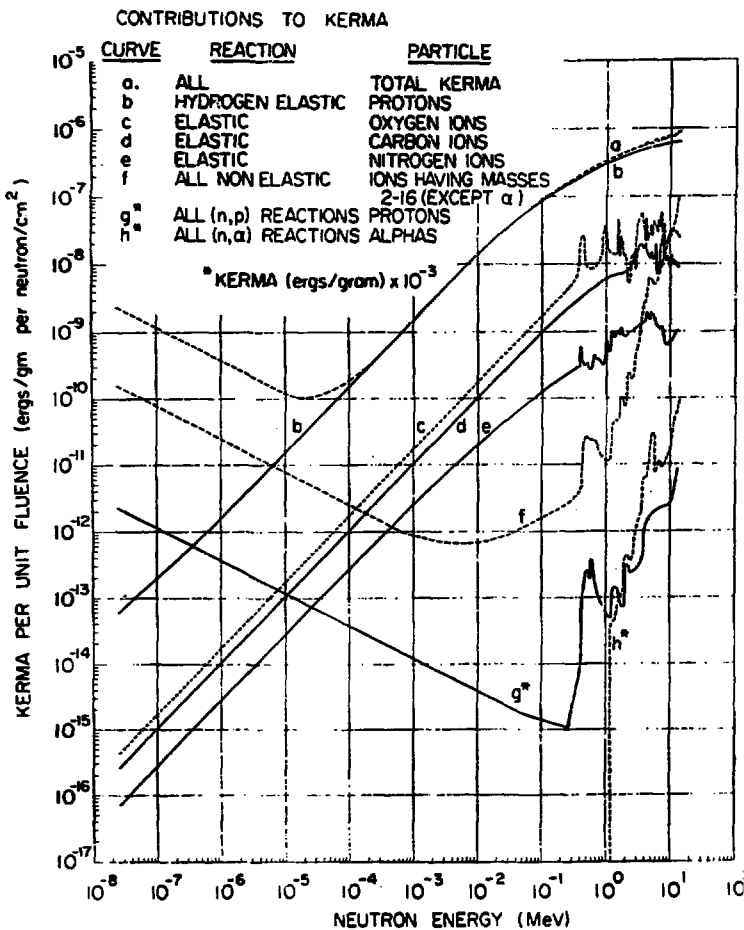


FIGURE 16

CONTRIBUTION AU KERMA DES DIFFERENTES PARTICULES CHARGES
(D'après J.A Auxier et Coll.)

ANNEXE

**ANNEXE A.I - CARACTERISTIQUES PHYSIQUES ET NUCLEAIRES DES DETECTEURS GAMMA ET DES
DETECTEURS A ACTIVATION**

- Tableau A.I.1 - Composition des différents types de SNAC et caractéristiques physiques des détecteurs
- Tableau A.I.2 - Données nucléaires or
- Tableau A.I.3 - " " cuivre
- Tableau A.I.4 - " " soufre
- Tableau A.I.5 - " " magnésium
- Tableau A.I.6 - Composition pondérale des détecteurs radiophotoluminescents

ANNEXE A.II- CALIBRATION

- II.1. Ensemble de comptage sur Amperex 18546
 - Fig. A.II.1 - Bloc compteur
 - Fig. A.II.2 - Bague porte compteur et son circuit de sortie
- II.2. Corrections
 - Tableau A.II.1 - Taux de comptage en absence de temps mort
 - Tableau A.II.2 - Facteur de correction F_1 , F_A , F_0 pour Cu
 - Tableau A.II.3 - " " " Au
 - Tableau A.II.4 - " " " soufre
 - Tableau A.II.5 - " " " magnésium
 - Fig. A.II.3 - Facteur de correction en fonction de la masse
 - Fig. A.II.4 - Modèle de feuille de résultats
- II.3. Autres géométries de détecteur
 - Fig. A.II.5 - Mesure des détecteurs du système SNAC 22/3

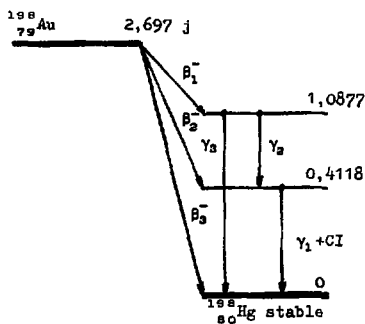
ANNEXE A.III-FORMULES D'EXPLOITATION

- III.1. Dosimètre individuel
- III.2. Dosimètre de zone
 - III.2.1. Coefficient de transfert
- III.3. Exemple d'interprétation
 - III.3.1. Données de mesure
 - III.3.2. Première évaluation
 - III.3.3. Evaluation corrigée
 - III.3.4. Coefficient de transfert
 - III.3.5. Dose individuelle
- III.4. Evaluation de l'activité globale en sodium 24
- III.5. Données sur les sources critiques
- III.6. Spectrométrie des neutrons
 - Tableau III-6.1
 - Tableau III-6.2.

A I - CARACTERISTIQUES PHYSIQUES ET NUCLEAIRES⁽¹⁾
DES DETECTEURS GAMMA ET DES DETECTEURS A ACTIVATION

(1) M.J. MARTIN and P.H. Blichert-Toft
Radioactive Atoms, Auger Electrons, α , β , γ and X-ray data.
Nuclear Data Tables - Section A - Vol.8 - n° 1-2 - Oct. 1970.

CIBLE	$^{197}_{79}\text{Au}$	Masse volumique	$\rho = 19,3 \text{ g.cm}^{-3}$
Isotope naturel	^{197}Au		
Abondance isotopique	$i = 100$		
Réaction	$^{197}\text{Au} (n, \gamma) ^{198}\text{Au}$		
Période	$T = 2,697 \pm 0,005$		
Section efficace	σ thermique $98,8 \pm 0,2 \text{ barn}$		



CI - Conversion Interne

Mesure bêta

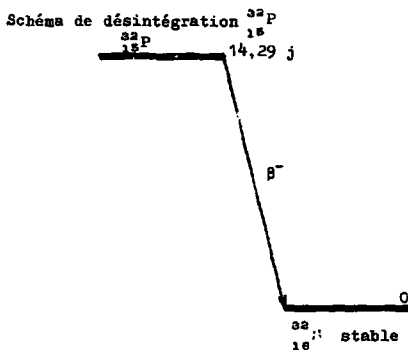
E_{β} MeV	%
β_1^- 0,2851	1,19
β_2^- 0,9610	98,78
β_3^- 1,3728	0,025

Mesure gamma

E_{γ} MeV	α_k	$\frac{K}{L}$	%
γ_1 0,4118	$0,0300 \pm 0,0002$	$2,69 \pm 0,08$	$95,53 \pm 0,05$
γ_2 0,6759	—	—	$1,01 \pm 0,08$
γ_3 1,0877	—	—	$0,18 \pm 0,02$

TABEAU A1.2 - DONNEES RELATIVES AU DETECTEUR OR

CIBLE	^{32}S	Masse volumique	$\rho = 2,07 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$	
Isotopes naturels	^{32}S	^{33}S	^{34}S	^{36}S
Abondance isotopique	$i = 95,06$ $i = 95,0$	$i = 0,74$ $i = 0,76$	$i = 4,18$ $i = 4,22$	$i = 0,0136$ $i = 0,014$
Réaction	$^{32}\text{S}(n,p)^{32}\text{P}$	$^{33}\text{S}(n,p)^{33}\text{P}$	$^{34}\text{S}(n,\gamma)^{35}\text{S}$	$^{36}\text{S}(n,\gamma)^{37}\text{S}$
Période	$T = 14,29 \pm 0,03 \text{ j}$	$T = 25 \text{ j}$	$T = 87,1 \text{ j}$	$T = 5,04 \text{ mn}$
Section efficace	σ réaction $66 + 2 \text{ mbarn}$			



Mesure bêta

E_β MeV	%
1,7089	100

TABLEAU A1.4 - DONNEES RELATIVES AU DETECTEUR SOUFRE

La composition pondérale des détecteurs radiophotoluminescents est donnée par le tableau I, la teneur isotopique du lithium étant, pour le PB 33 :

lithium 6 : 1,8 % lithium 7 : 0,7 %

Les formules sont dites équilibrées : l'intensité de la luminescence correspondant à une fluence de 10^9 neutrons thermiques par centimètre carré est la même que la luminescence induite par une exposition à 1 roentgen de gamma du cobalt 60.

ELEMENT	PB 31	PB 33
Béryllium	1,70 %	0,50 %
Lithium	0,70 %	2,50 %
Sodium	4,80 %	4,70 %
Aluminium	3,50 %	3,50 %
Argent	2,40 %	2,40 %
Phosphore	34,10 %	33,80 %
Oxygène	52,80 %	52,60 %

TABEAU AI. 1 - COMPOSITION PONDERALE DES DETECTEURS RADIOPHOTOLUMINESCENTS

A II - ENSEMBLE DE COMPTAGE AMPEREX 18546
AUTRES GEOMETRIES DE DETECTEURS OU DE COMPTEURS
FACTEURS DE CORRECTION

II.1. - ENSEMBLE DE COMPTAGE AMPEREX 18546

Un ensemble de comptage normalisé a été réalisé en vue de simplifier les problèmes d'étalonnage. Il sert de référence, en valeurs relatives, pour les chaînes de mesures habituellement en usage dans les laboratoires.

L'utilisation d'un compteur Geiger a permis la réalisation d'un appareillage peu onéreux, de mise en oeuvre aisée et facilement transportable.

Cet ensemble de comptage comporte :

- un compteur Geiger AmpereX 18546 (RTC) utilisé avec sa fenêtre tournée vers le haut,
- un château de plomb spécial (Etablissements Lemer) qui présente l'avantage d'un poids raisonnable pour une protection de 5 centimètres de plomb,
- une bague d'acier inoxydable qui assure le positionnement correct du porte-détecteur par rapport au compteur,
- un circuit de polarisation et de sortie.

Les figures A II 1 et A II 2 présentent cet ensemble ainsi que son circuit de branchement.

Pour la polarisation du compteur et la numération des impulsions on peut utiliser une échelle transistorisée ECT32 qui comporte une alimentation haute tension incorporée ou un ensemble Renatran de caractéristiques équivalentes.

Le porte-détecteurs — figure A II 1 — est constitué par un anneau en plexiglas de diamètre intérieur 51 mm, s'adaptant sur la bague d'acier porte-compteur et fermé, à sa partie inférieure, par une feuille de mylar d'épaisseur 6 microns.

Une rondelle en plexiglas de 3 mm d'épaisseur est utilisée pour plaquer les détecteurs minces — or et cuivre — sur le fond du porte-détecteurs, assurant ainsi une bonne reproductibilité de la géométrie de comptage.

Enfin, pour contrôler la constance de la réponse du compteur, il est prévu un étalon d'oxyde d'uranium sous céramique. Cet étalon porte inscrit le taux de comptage, mesuré dans les conditions normalisées, sur le compteur de référence.

Les réglages de base sont, pour le compteur AmpereX :

- haute tension : 900 volts
- seuil de discrimination : 1,5 volt

Ces réglages permettent, théoriquement, d'obtenir, pour l'étalon d'oxyde d'uranium, un taux de comptage très proche de celui qui est indiqué sur cet étalon.

Si la différence dépasse 1 %, il est recommandé de tracer le palier du compteur, afin de déterminer la valeur de la haute tension pour laquelle on obtient un taux de comptage correct de l'étalon.

La haute tension adoptée doit, bien entendu, se placer dans les limites du palier du compteur, qui serait à rejeter si cette condition n'était pas respectée.

Dans les conditions normalisées — porte-détecteur et rondelle presse-détecteur en place — le bruit de fond de l'ensemble de comptage est de l'ordre de 35 à 40 impulsions par minute.

A titre indicatif, pour des pastilles de 50 mm comptées sur Amperec 38546, en géométrie normalisée, le rapport entre le nombre de coups comptés et le nombre de désintégrations est approximativement :

— pour le cuivre	: 0,14
— pour l'or	: 0,35
— pour le soufre	: 0,08
— pour le magnésium	: 0,16

BLOC COMPTEUR

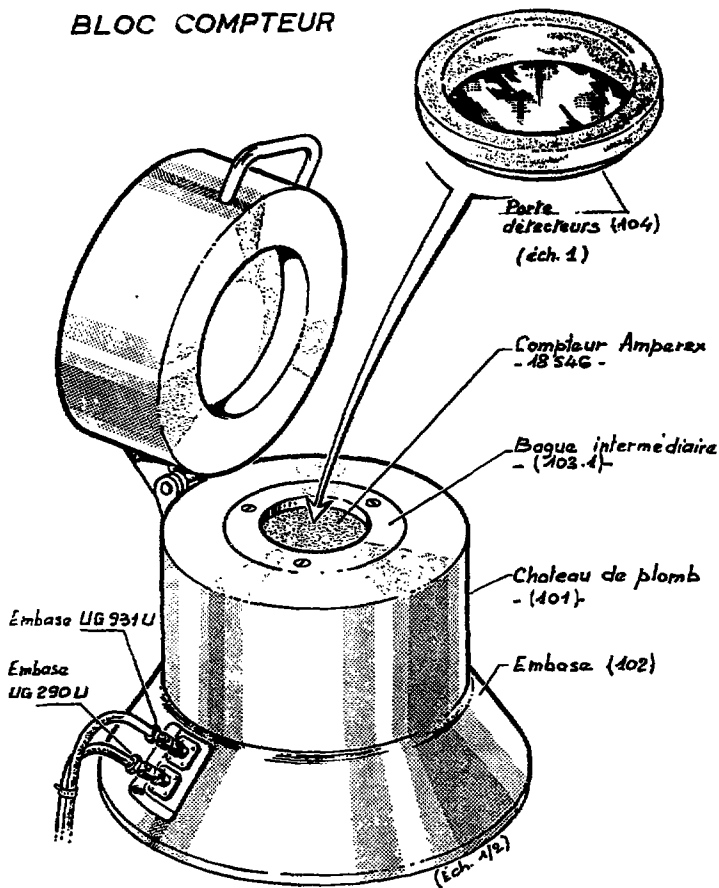


Fig. AII.1

BAGUE PORTE COMPTEUR ET SON CIRCUIT DE SORTIE

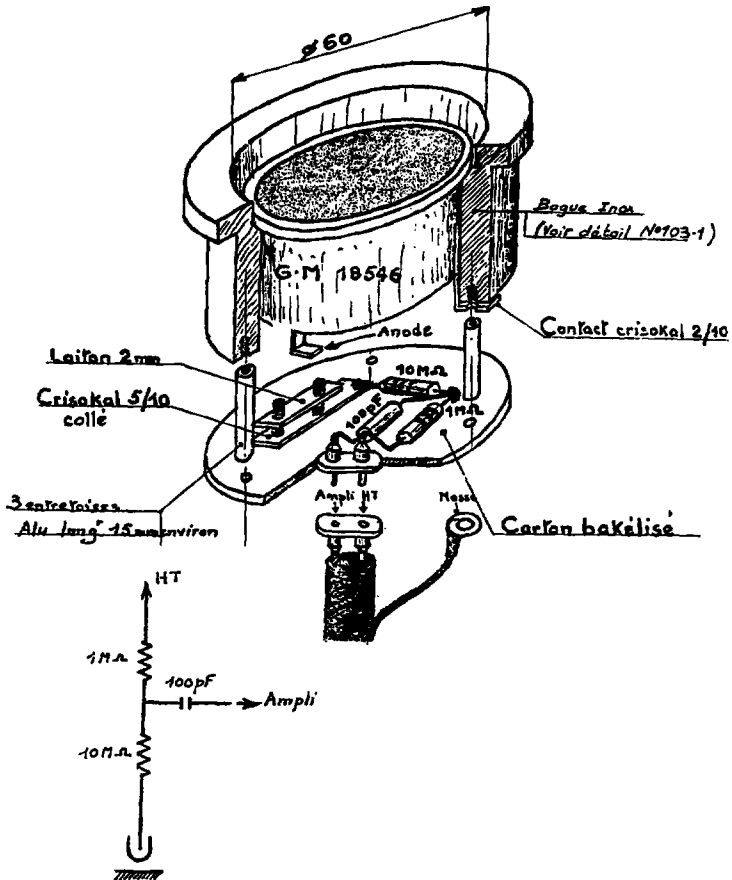


Fig. AII.2

II.2. - CORRECTION DES COMPTAGES

Les corrections à effectuer concernent :

- le temps mort du compteur, γ ,
 - son bruit de fond, BF,
 - la durée de l'irradiation, t_i ,
 - la durée du comptage, t_c ,
 - le temps écoulé entre l'irradiation et le comptage, t_a .
- la durée d'attente, t_m , temps écoulé entre la fin de l'irradiation et le début du comptage.
- Pour les détecteurs de cuivre, il y a lieu d'effectuer une correction supplémentaire si la masse du détecteur, m , diffère notablement de la masse théorique, m_0 .

Les facteurs de correction correspondants, F , peuvent être tirés des différents tableaux A.II.2 à A.II.6 ou calculés par les formules ci-après(x)

$$\text{Correction de temps mort} : F_{t_m} = \frac{1}{1 - \gamma \cdot C_1}$$

$$\text{Correction de durée d'irradiation} : F_{t_i} = \frac{\lambda t_i}{1 - e^{-\lambda t_i}}$$

$$\text{Correction de durée de comptage} : F_{t_c} = \frac{\lambda t_c}{1 - e^{-\lambda t_c}}$$

$$\text{Correction de temps d'attente} : F_{t_a} = e^{\lambda t_a}$$

$$\text{Correction de masse du cuivre} : F_m = \frac{300}{m \text{ mg}} + 0,32 \quad (\text{SNAC } 50)$$

$$F_m = \frac{60}{m \text{ mg}} + 0,29 \quad (1 \text{ pastille SNAC } 22)$$

A partir du taux de comptage C_1 , quotient du nombre de coups comptés par le temps de comptage, on peut obtenir le taux de comptage corrigé, C_c , à utiliser dans les formules d'exploitation.

$$C_c = (C_1 - F_{t_m} - \text{BF}) \cdot F_{t_i} \cdot F_{t_c} \cdot F_{t_a} \cdot F_m$$

le coefficient F_m étant pris égal à 1 pour les détecteurs autres que le cuivre.

La figure A II 4 présente un modèle de feuille de comptage.

x L'unité de temps adoptée pour les taux de comptage étant la minute, pour le calcul des corrections, γ , t_i , t_a et t_c seront évalués en minutes, λ en (minute)⁻¹

CORRECTION DE PEATE DE COMPTAGE (SI-PA) MOYEN 150 HECALOSCOPIQUES EN CM)

N. MESURE	CORRIGE	N. MESURE	CORRIGE	N. MESURE	CORRIGE	N. MESURE	CORRIGE	N. MESURE	CORRIGE	N. MESURE	CORRIGE
5000.	5043.	5700.	5748.	5400.	5474.	5600.	5660.	5800.	5885.	6000.	6091.
8200.	8298.	6400.	6504.	6600.	6711.	6800.	6916.	7000.	7125.	7200.	7338.
7400.	7534.	7400.	7574.	7800.	7954.	8100.	8260.	8300.	8472.	8600.	8780.
8600.	8789.	8800.	9008.	9000.	9207.	9200.	9417.	9400.	9628.	9600.	9853.
9800.	10049.	10000.	10254.	10200.	10447.	10400.	10678.	10600.	10889.	10800.	11100.
11000.	11311.	11200.	11523.	11400.	11754.	11600.	11966.	11900.	12259.	12000.	12371.
12200.	12564.	12400.	12877.	12800.	13100.	12900.	13233.	13000.	13371.	13200.	13650.
13400.	13844.	13400.	14079.	13400.	14283.	14000.	14508.	14200.	14723.	14400.	14938.
14600.	15113.	14600.	15309.	14600.	15584.	14700.	15900.	15400.	16017.	15600.	16233.
15800.	16450.	16000.	16807.	16200.	17202.	16400.	17701.	16600.	17319.	16700.	17357.
17000.	17755.	17200.	17973.	17400.	18191.	17600.	18410.	17800.	18629.	18000.	18848.
18200.	19064.	18400.	19281.	18400.	19597.	18400.	19727.	19000.	19948.	19200.	20168.
19400.	20374.	19400.	20610.	19400.	20911.	20000.	21051.	20200.	21274.	20400.	21498.
20600.	21174.	20600.	21441.	21000.	22164.	21200.	22360.	21400.	22610.	21600.	22811.
21800.	23057.	22000.	23291.	22200.	23504.	22400.	23729.	22600.	23953.	22800.	24178.
23000.	23463.	23000.	24026.	23400.	24754.	23600.	25005.	23800.	25204.	24000.	25312.
24200.	23754.	24400.	24959.	24600.	26212.	24800.	26419.	25000.	26667.	25200.	26866.
24400.	27122.	24600.	27350.	24800.	27574.	26000.	27801.	26200.	28034.	26400.	28264.
26800.	28495.	26800.	28725.	27000.	29034.	27200.	29289.	27400.	29451.	27600.	29646.
27800.	29874.	28000.	30240.	28200.	30589.	28400.	30871.	28600.	31052.	28800.	31244.
28000.	31267.	31400.	31649.	31600.	31940.	31700.	32160.	31900.	32348.	32000.	32532.
30200.	32466.	30400.	32700.	30600.	33135.	30800.	33369.	31000.	33604.	31200.	33839.
31400.	34075.	31600.	34311.	31800.	34546.	32000.	34789.	32200.	35019.	32400.	35269.
31600.	35495.	32000.	35735.	32200.	35970.	32400.	36205.	32600.	36435.	32800.	36680.
33800.	36920.	34000.	37158.	34200.	37397.	34400.	37637.	34600.	37876.	34800.	38126.
35000.	38356.	35200.	38596.	35400.	38837.	35600.	39078.	35800.	39319.	36000.	39569.
36200.	39802.	36400.	40044.	36600.	40286.	36800.	40529.	37000.	40771.	37200.	41014.
37400.	41248.	37600.	41491.	37800.	41734.	38000.	41977.	38200.	42219.	38400.	42462.
38600.	42723.	38800.	42968.	39000.	43213.	39200.	43459.	39400.	43705.	39600.	43951.
39800.	44198.	40000.	44444.	40200.	44691.	40400.	44939.	40600.	45186.	40800.	45434.
41000.	45842.	41400.	46089.	41800.	46340.	42200.	46589.	42600.	46838.	43000.	47087.
42200.	47177.	42600.	47427.	42800.	47678.	43000.	47928.	43200.	48179.	43400.	48431.
43400.	48482.	43600.	48734.	43800.	48986.	44000.	49238.	44200.	49491.	44400.	49744.
44600.	50197.	44800.	50450.	45000.	50703.	45200.	50956.	45400.	51213.	45600.	51467.
45800.	51724.	46200.	51981.	46600.	52240.	47000.	52497.	47400.	52754.	47800.	53011.
47000.	53278.	47200.	53535.	47400.	53792.	47600.	54040.	47800.	54287.	48000.	54545.
48200.	54804.	48400.	55063.	48600.	55322.	48800.	55581.	49000.	55840.	49200.	56100.
48400.	56361.	50400.	56621.	50800.	56881.	51200.	57142.	51600.	57404.	52000.	57666.
50600.	57176.	51000.	57437.	51400.	57700.	51800.	57963.	52200.	58226.	52600.	58489.
51800.	58006.	52000.	58270.	52400.	58534.	52800.	58797.	53200.	59060.	53600.	59324.
53000.	60195.	53200.	61361.	53400.	61627.	53600.	61894.	53800.	62161.	54000.	62428.
54200.	62675.	54400.	62942.	54600.	63211.	54800.	63479.	55000.	63746.	55200.	64013.
55400.	64306.	55600.	64576.	55800.	64846.	56000.	65116.	56200.	65387.	56400.	65658.
55600.	65929.	56400.	66200.	57000.	66471.	57400.	66742.	57800.	67013.	58200.	67284.
57800.	67543.	58000.	67814.	58200.	68110.	58400.	68384.	58600.	68658.	58800.	68932.
59000.	69208.	59200.	69484.	59400.	69759.	59600.	70035.	59800.	70312.	60000.	70588.
60200.	70845.	60400.	71122.	60600.	71400.	60800.	71678.	61000.	71956.	61200.	72234.
61400.	72314.	61600.	72593.	61800.	72874.	62000.	73154.	62200.	73434.	62400.	73714.
62600.	74113.	62800.	74400.	63000.	74677.	63200.	74959.	63400.	75241.	63600.	75522.
63800.	75901.	64000.	76190.	64200.	76474.	64400.	76758.	64600.	77042.	64800.	77327.
65000.	77612.	65200.	77907.	65400.	78181.	65600.	78466.	65800.	78750.	66000.	79035.
66200.	79329.	66400.	79616.	66600.	79904.	66800.	80192.	67000.	80480.	67200.	80769.
67400.	81058.	67600.	81347.	67800.	81637.	68000.	81928.	68200.	82218.	68400.	82509.
68400.	82400.	68800.	82692.	69200.	82984.	69600.	83276.	69800.	83568.	70000.	83861.
69600.	83985.	70000.	84278.	70400.	84570.	70800.	84862.	71200.	85154.	71600.	85446.
71000.	85822.	71400.	86116.	71800.	86410.	72200.	86701.	72600.	86992.	73000.	87284.
72200.	88102.	72600.	88400.	72800.	88698.	73000.	88997.	73200.	89297.	73400.	89597.
73400.	89886.	73800.	90186.	74200.	90486.	74600.	90787.	75000.	91087.	75400.	91388.
74600.	91707.	75000.	92008.	75400.	92309.	75800.	92611.	76200.	92914.	76600.	93217.
75800.	93322.	76000.	93624.	76200.	93927.	76400.	94231.	76600.	94536.	76800.	94841.
77000.	95356.	77400.	95661.	77800.	95967.	78200.	96274.	78600.	96581.	79000.	96889.
78200.	97203.	78600.	97510.	79000.	97817.	79400.	98125.	79800.	98434.	80200.	98743.
79400.	99004.	79800.	99314.	80200.	99624.	80600.	99934.	81000.	100244.	81400.	100554.
80600.	100929.	80800.	101239.	81000.	101549.	81200.	101859.	81400.	102169.	81600.	102479.
81800.	102874.	82200.	103184.	82600.	103494.	83000.	103804.	83400.	104114.	83800.	104424.
83000.	104732.	83400.	105042.	83800.	105352.	84200.	105662.	84600.	105972.	85000.	106282.
84200.	106490.	84600.	106800.	85000.	107110.	85400.	107420.	85800.	107730.	86200.	108040.
85400.	108592.	85800.	108902.	86200.	109212.	86600.	109522.	87000.	109832.	87400.	110142.
86600.	110744.	87000.	111054.	87400.	111364.	87800.	111674.	88200.	111984.	88600.	112294.
88000.	112494.	88400.	112804.	88800.	113114.	89200.	113424.	89600.	113734.	90000.	114044.
89000.	114444.	89400.	114754.	89800.	115064.	90200.	115374.	90600.	115684.	91000.	115994.
90200.	116444.	90600.	116754.	91000.	117064.	91400.	117374.	91800.	117684.	92200.	118044.
91400.	118444.	91800.	118754.	92200.	119064.	92600.	119374.	93000.	119684.	93400.	120044.
92600.	120444.	93000.	120754.	93400.	121064.	93800.	121374.	94200.	121684.	94600.	122044.
93800.	122544.	94200.	122854.	94600.	123164.	95000.	123474.	95400.	123784.	95800.	124144.
95000.	124944.	95400.	125254.	95800.	125564.	96200.	125874.	96600.	126184.	97000.	126544.
96200.	127444.	96600.	127754.	97000.	128064.	97400.	128374.	97800.	128684.	98200.	129044.
97400.	129754.	97800.	129964.	98200.	130274.	98600.	130584.	99000.	130894.	99400.	131254.
98400.	132444.	100000.	133254.	100000.	133564.	100000.	133874.	100000.	134184.	100000.	134544.

TABLEAU A.II.1 : TAUX DE COMPTAGE EN L'ABSENCE DE TEMPS MORT

TABLEAU AII.2

FACTEURS DE CORRECTION FA, FI ET FC POUR DETECTEURS CUIVRE (EU 64-PERIODE 12,8 M)
 TA-TEMPS D'ATTENTE TI-DUREE D'IRRADIATION TC-TEMPS DE COMPTAGE

TA	FA	TA	FA	TA	FA	TA	FA	TA	FA	TA	FA	TA	FA
0m.10	1.000	0m.20	1.018	0m.30	1.027	0m.40	1.037	0m.50	1.046	1m.0	1.056	1m.10	1.065
1m.10	1.065	1m.20	1.075	1m.30	1.085	1m.40	1.094	1m.50	1.104	2m.0	1.114	2m.10	1.124
2m.10	1.124	2m.20	1.135	2m.30	1.145	2m.40	1.155	2m.50	1.166	3m.0	1.176	3m.10	1.187
3m.10	1.187	3m.20	1.197	3m.30	1.207	3m.40	1.217	3m.50	1.227	4m.0	1.237	4m.10	1.248
4m.10	1.248	4m.20	1.258	4m.30	1.278	4m.40	1.277	4m.50	1.290	5m.0	1.311	5m.10	1.323
5m.10	1.323	5m.20	1.333	5m.30	1.347	5m.40	1.358	5m.50	1.371	6m.0	1.384	6m.10	1.396
6m.10	1.396	6m.20	1.405	6m.30	1.422	6m.40	1.435	6m.50	1.448	7m.0	1.461	7m.10	1.474
7m.10	1.474	7m.20	1.487	7m.30	1.501	7m.40	1.514	7m.50	1.528	8m.0	1.542	8m.10	1.556
8m.10	1.556	8m.20	1.570	8m.30	1.584	8m.40	1.599	8m.50	1.611	9m.0	1.626	9m.10	1.643
9m.10	1.643	9m.20	1.658	9m.30	1.673	9m.40	1.686	9m.50	1.703	10m.0	1.716	10m.10	1.734
10m.10	1.734	10m.20	1.750	10m.30	1.765	10m.40	1.782	10m.50	1.798	11m.0	1.814	11m.10	1.830
11m.10	1.830	11m.20	1.847	11m.30	1.864	11m.40	1.881	11m.50	1.898	12m.0	1.915	12m.10	1.932
12m.10	1.932	12m.20	1.950	12m.30	1.967	12m.40	1.985	12m.50	2.003				

TABLEAU AII.3

FACTEURS DE CORRECTION FA, FI ET FC POUR DETECTEURS OR-LAUREN-PERIODE 2,7 J)
 TA-TEMPS D'ATTENTE TI-DUREE D'IRRADIATION TC-TEMPS DE COMPTAGE

TA	FA	TA	FA	TA	FA	TA	FA	TA	FA	TA	FA	TA	FA
1m.0	1.011	2m.0	1.022	3m.0	1.033	4m.0	1.044	5m.0	1.055	6m.0	1.066	7m.0	1.077
7m.0	1.077	8m.0	1.089	9m.0	1.101	10m.0	1.113	11m.0	1.125	12m.0	1.137	13m.0	1.149
13m.0	1.149	14m.0	1.162	15m.0	1.174	16m.0	1.187	17m.0	1.199	18m.0	1.212	19m.0	1.225
19m.0	1.225	20m.0	1.238	21m.0	1.252	22m.0	1.265	23m.0	1.279	24m.0	1.293	25m.0	1.307
25m.0	1.307	26m.0	1.321	27m.0	1.335	28m.0	1.349	29m.0	1.364	30m.0	1.378	31m.0	1.393
31m.0	1.393	32m.0	1.408	33m.0	1.423	34m.0	1.439	35m.0	1.454	36m.0	1.470	37m.0	1.485
37m.0	1.485	38m.0	1.501	39m.0	1.516	40m.0	1.531	41m.0	1.546	42m.0	1.562	43m.0	1.577
43m.0	1.577	44m.0	1.593	45m.0	1.608	46m.0	1.624	47m.0	1.639	48m.0	1.655	49m.0	1.671
49m.0	1.671	50m.0	1.707	51m.0	1.723	52m.0	1.744	53m.0	1.763	54m.0	1.782	55m.0	1.801
55m.0	1.801	56m.0	1.820	57m.0	1.840	58m.0	1.859	59m.0	1.879	60m.0	1.900	61m.0	1.920
61m.0	1.920	62m.0	1.941	63m.0	1.962	64m.0	1.983	65m.0	2.004				

TABLEAU AII.4

FACTEURS DE CORRECTION FA-FI ET FC POUR DETECTEUR SOURCE (P. 32-PERIODE 14x2 J)
 TA-TEMPS D'ATTENTE TI-DUREE D'IRRADIATION TC-TEMPS DE COMPTAGE

TA	FA	TA	FA	TA	FA	TA	FA	TA	FA	TA	FA	TA	FA
3M.0	1.006	4M.0	1.012	5M.0	1.018	12M.0	1.023	15M.0	1.031	18M.0	1.037		
21M.0	1.044	24M.0	1.050	27M.0	1.056	30M.0	1.063	33M.0	1.069	36M.0	1.076		
39M.0	1.082	42M.0	1.088	45M.0	1.094	48M.0	1.102	51M.0	1.109	54M.0	1.116		
57M.0	1.123	60M.0	1.130	63M.0	1.137	66M.0	1.144	69M.0	1.151	72M.0	1.158		
75M.0	1.165	78M.0	1.172	81M.0	1.179	84M.0	1.186	87M.0	1.193	90M.0	1.201		
93M.0	1.207	96M.0	1.213	99M.0	1.223	102M.0	1.230	105M.0	1.238	108M.0	1.245		
111M.0	1.253	114M.0	1.261	117M.0	1.268	120M.0	1.276	123M.0	1.284	126M.0	1.292		
129M.0	1.300	132M.0	1.308	135M.0	1.316	138M.0	1.324	141M.0	1.332	144M.0	1.340		
147M.0	1.348	150M.0	1.356	153M.0	1.365	156M.0	1.373	159M.0	1.381	162M.0	1.390		
165M.0	1.398	168M.0	1.407	171M.0	1.416	174M.0	1.424	177M.0	1.433	180M.0	1.441		
183M.0	1.450	186M.0	1.459	189M.0	1.468	192M.0	1.477	195M.0	1.486	198M.0	1.495		
201M.0	1.505	204M.0	1.514	207M.0	1.523	210M.0	1.532	213M.0	1.542	216M.0	1.551		
219M.0	1.561	222M.0	1.570	225M.0	1.580	228M.0	1.589	231M.0	1.599	234M.0	1.608		
237M.0	1.619	240M.0	1.628	243M.0	1.638	246M.0	1.648	249M.0	1.658	252M.0	1.668		
255M.0	1.679	258M.0	1.689	261M.0	1.700	264M.0	1.710	267M.0	1.720	270M.0	1.731		
273M.0	1.742	276M.0	1.752	279M.0	1.763	282M.0	1.774	285M.0	1.785	288M.0	1.796		
291M.0	1.806	294M.0	1.818	297M.0	1.829	300M.0	1.840	303M.0	1.851	306M.0	1.862		
309M.0	1.874	312M.0	1.885	315M.0	1.897	318M.0	1.908	321M.0	1.920	324M.0	1.932		
327M.0	1.944	330M.0	1.955	333M.0	1.967	336M.0	1.979	339M.0	1.992	342M.0	2.004		

TABLEAU AII.5

FACTEURS DE CORRECTION FA-FI ET FC POUR DETECTEUR MAGNESIUM (NA 2^e-PERIODE 14x9 H)
 TA-TEMPS D'ATTENTE TI-DUREE D'IRRADIATION TC-TEMPS DE COMPTAGE

TA	FA	TA	FA	TA	FA	TA	FA	TA	FA	TA	FA	TA	FA
0M.10	1.008	0M.20	1.016	0M.30	1.023	0M.40	1.031	0M.50	1.039	1M.0	1.047		
1M.10	1.017	1M.20	1.024	1M.30	1.031	1M.40	1.039	1M.50	1.047	2M.0	1.057		
2M.10	1.106	2M.20	1.114	2M.30	1.123	2M.40	1.131	2M.50	1.140	3M.0	1.149		
3M.10	1.159	3M.20	1.167	3M.30	1.176	3M.40	1.185	3M.50	1.194	4M.0	1.203		
4M.10	1.213	4M.20	1.221	4M.30	1.230	4M.40	1.239	4M.50	1.248	5M.0	1.257		
5M.10	1.270	5M.20	1.278	5M.30	1.287	5M.40	1.296	5M.50	1.305	6M.0	1.314		
6M.10	1.330	6M.20	1.341	6M.30	1.351	6M.40	1.362	6M.50	1.372	7M.0	1.383		
7M.10	1.394	7M.20	1.406	7M.30	1.417	7M.40	1.428	7M.50	1.439	8M.0	1.448		
8M.10	1.460	8M.20	1.471	8M.30	1.482	8M.40	1.494	8M.50	1.505	9M.0	1.517		
9M.10	1.529	9M.20	1.541	9M.30	1.553	9M.40	1.565	9M.50	1.577	10M.0	1.589		
10M.10	1.601	10M.20	1.614	10M.30	1.626	10M.40	1.639	10M.50	1.651	11M.0	1.664		
11M.10	1.637	11M.20	1.650	11M.30	1.663	11M.40	1.676	11M.50	1.690	12M.0	1.703		
12M.10	1.737	12M.20	1.750	12M.30	1.764	12M.40	1.778	12M.50	1.792	13M.0	1.806		
13M.10	1.840	13M.20	1.854	13M.30	1.868	13M.40	1.883	13M.50	1.897	14M.0	1.912		
14M.10	1.927	14M.20	1.942	14M.30	1.957	14M.40	1.972	14M.50	1.987	15M.0	2.003		

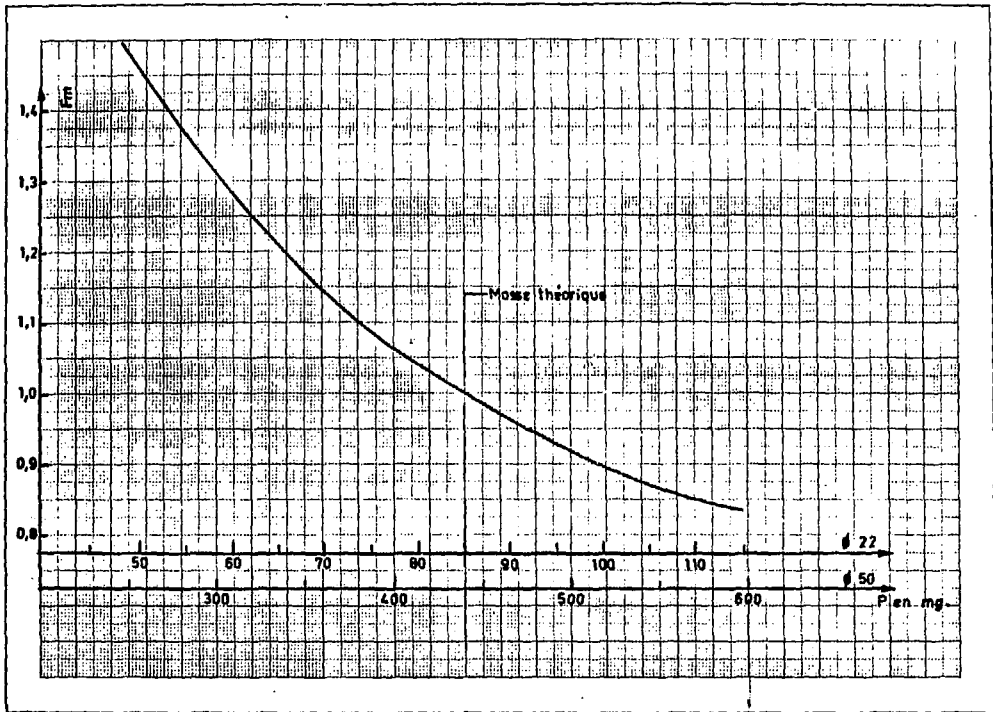


Figure AII.3 : Facteur de Correction en Fonction de la Masse des Détecteurs Cuivre : F_m (valable pour mesures sur Amperex 18,546)

Mesures Neutrons	Détecteur $\lambda \text{ min}^{-1}$	Cuivre AV $9,02 \cdot 10^{-4}$	Cuivre AR $9,02 \cdot 10^{-4}$	Or $2,78 \cdot 10^{-4}$	Cuivre Cd $9,02 \cdot 10^{-4}$	Soufre $3,36 \cdot 10^{-5}$	Magnésium $7,7 \cdot 10^{-4}$
Date du comptage	Jo						
Heure du comptage	Ho						
Temps d'attente	t_a minute						
Nombre d'impulsions comptées	N						
Temps de comptage	t_c minute						
Taux de comptage	$C_1 = N/t_c$						
Correction de temps mort	$F_{tm} = \frac{10^5}{10^6 \cdot 2.5 C_1}$						
Bruit de fond	BF _{cpm}						
Correction de temps d'irradiation	$F_{t_i} = \frac{\lambda t_i}{1 - e^{-\lambda t_i}}$						
Correction de temps de comptage	$F_{t_c} = \frac{\lambda t_c}{1 - e^{-\lambda t_c}}$						
Correction de temps d'attente	$F_{t_a} = e^{-\lambda t_a}$						
Correction de masse du cuivre	$F_m = \frac{300}{m_{mg}} + 0,36$						
Comptage corrigé	C4						

Mesure Gamma (verre PB 33)	
1 ^{ère} lecture	
2 ^{ème} lecture	

Conditions d'irradiation

Date	
Heure	
Durée t_i minute	
Position du détecteur	

OBSERVATIONS :

Figure AII 4 : Modèle de feuille de résultats

II.3. - AUTRES GEOMETRIES DE DETECTEURS OU DE COMPTEURS

Dans la mesure où l'on fait appel aux mêmes éléments que ceux qui constituent le SNAC (or, cuivre, soufre et magnésium), les détecteurs d'or et de cuivre restant de faible épaisseur, on peut établir facilement les formules d'exploitation correspondant à une autre géométrie de détecteurs ou à un autre type de compteur.

A partir de détecteurs irradiés simultanément, on effectuera une intercalibration permettant de déterminer, pour chaque élément, le rapport des taux de comptage donnés, par le SNAC 50 compté sur Amperex 18546, d'une part, par le nouveau détecteur compté sur le nouveau compteur, d'autre part.

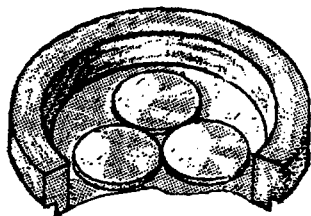
Ce rapport sera, pour le cuivre, par exemple :

$$R_{Cu} = \frac{Cu \text{ (diamètre 50 / Amperex 18546)}}{Cu \text{ (diamètre X / Compteur Y)}}$$

Les nouvelles formules d'exploitation s'obtiendront, à partir des formules du SNAC 50, en multipliant chacun des coefficients par le rapport R correspondant.

Pour le SNAC 22/3, par exemple, le diamètre des pastilles est de 22 millimètres, elles sont au nombre de 3 pour chacun des éléments, et la géométrie, pour leur comptage sur Amperex 18546, est définie par la figure A II 5. Le tableau ci-dessous donne les coefficients de passage pour les différents éléments mesurés dans ces conditions.

Or	Cuivre	Soufre	Magnésium
1,77	1,73	1,49	1,59



DISPOSITION ADOPTÉE POUR LA MESURE
DES DÉTECTEURS DU SYSTÈME SNAC-22/3

A III - FORMULES D'EXPLOITATION

III.1. - DOSIMETRES INDIVIDUELS

III.1.1. Ceinture CC2 - Dosimètre PS 1C

Comptages sur Amperex 18546 (Activités en nombre d'impulsions par minute)	
C_{Max}	Ebonite, pastille la plus active
S	Soufre, les deux plaquettes côte à côte
S_b	Soufre brûlé
Au	Or nu, face la plus active
Au_{Cd}	Or sous cadmium, face la plus active
DY_m	Verre PB33, exposition, en roentgen

$$\text{Dose PLC} = 0,57 C_{Max} \text{ rad}$$

$$= 0,33 S \text{ rad}$$

$$= 0,10 S_b \text{ rad}$$

$$\text{Dose } \gamma + (n, \gamma)_S = [0,96 DY_m - 1,2 \cdot 10^{-3} (Au - Au_{Cd})] \text{ rad}$$

$$\text{Dose } (n, \gamma)_{S\gamma} = [1,1 \cdot 10^{-3} Au_{Cd}] \text{ rad}$$

$$\text{Dose } \gamma = [0,96 DY_m - (1,35 Au - 1,1 Au_{Cd}) 10^{-3}] \text{ rad}$$

III.1.2. Ceinture CC1 - Dosimètre DM 6C

Comptages sur Amperex 18546 (Activités en nombre d'impulsions par minute)	
C_{Max}	Soufre ceinture, pastille la plus active
S	Soufre DM 6C
S_b	Soufre DM 6C brûlé
Au	Or nu, face la plus active
Au_{Cd}	Or sous cadmium, face la plus active
DY_m	Verre PB33, exposition, en roentgen

$$\text{Dose PLC} = 0,33 C_{Max} \text{ rad}$$

$$= 0,33 S \text{ rad}$$

$$= 0,10 S_b \text{ rad}$$

$$\text{Dose } \gamma + (n, \gamma)_S = [0,96 DY_m - 4 \cdot 10^{-3} (Au - Au_{Cd})] \text{ rad}$$

$$\text{Dose } (n, \gamma)_{S\gamma} = [3,8 \cdot 10^{-3} Au_{Cd}] \text{ rad}$$

$$\text{Dose } \gamma = [0,96 DY_m - (4,7 Au - 3,8 Au_{Cd}) \cdot 10^{-3}] \text{ rad}$$

III.2. - DOSIMETRES DE ZONE

III.2.1. DCE 50

Comptagen sur Asperex 18546	
(Activités en nombre d'impulsions par minute)	
Cu _{AV}	Cuivre extérieur, côté source
Cu _{AR}	Cuivre extérieur, côté opposé
Au	Or sous cadmium
Cu _{Cd}	Cuivre sous cadmium
S	Soufre
Mg	Magnésium
DV _M	Verre PB33, exposition, en roentgen

$$\text{Dose PLC} = [- 1,3 \text{ Au} + 0,6 \text{ Cu}_{\text{Cd}} + 11,4 \text{ S} - 3,6 \text{ Mg}] 10^{-3} \text{ rad}$$

$$\text{Dose } (n, \gamma)_{\text{S, \gamma}} = [0,3 \text{ Cu}_{\text{AV}} - 4,0 \text{ Au} + 4,6 \text{ Cu}_{\text{Cd}} + 8,3 \text{ S} - 3,5 \text{ Mg}] 10^{-3} \text{ rad}$$

$$\text{Dose } \gamma = [0,96 \text{ DV}_{\text{M}} - 1,1 \cdot 10^{-3} (\text{Cu}_{\text{AV}} + \text{Cu}_{\text{AR}} - 2 \text{ Cu}_{\text{Cd}})] \text{ rad}$$

$$\text{Dose } (n, \gamma)_{\text{S}} = [0,2 \text{ Cu}_{\text{AV}} - 1,3 \text{ Au} + 2,0 \text{ Cu}_{\text{Cd}} + 3,7 \text{ S} - 1,5 \text{ Mg}] 10^{-3} \text{ rad}$$

$$^{24}\text{Na global (pour 70 kg)} = [0,05 \text{ Cu}_{\text{AV}} - 6,4 \text{ Au} + 6,0 \text{ Cu}_{\text{Cd}} + 17 \text{ S} - 6,8 \text{ Mg}] 10^{-3} \mu\text{Ci}$$

$$\text{Coefficient de transfert, } \tau_s = 5,7 C_{\text{Max}} / S_{\text{Snac } 50}$$

$$= 3,3 S_{\text{PSTC}} / S_{\text{Snac } 50}$$

$$= 1,0 S_{\text{PSTC brûlé}} / S_{\text{Snac } 50}$$

$$\text{Dose individu} = \text{Dose station} \times K_T$$

$$\text{Distance individu-source} = \text{Distance station-source} \times 1/\sqrt{K_T}$$

III.2.2. DCZ 22

Comptages sur Amperex 18546	
(Activités en nombre d'impulsions par minute)	
Cu _{AV}	Cuivre extérieur, côté source
Cu _{AR}	Cuivre extérieur, côté opposé
Au	Or sous cadmium
Cu _{Cd}	Cuivre sous cadmium
S	Soufre
Mg	Magnésium
Dy _m	Verre FB33, exposition, en roentgen

$$\text{Dose PLC} = [- 2,3 \text{ Au} + 1,0 \text{ Cu}_{\text{Cd}} + 17,0 \text{ S} - 5,7 \text{ Mg}] 10^{-2} \text{ rad}$$

$$\text{Dose } (n, \gamma)_{\text{ST}} = [0,52 \text{ Cu}_{\text{AV}} - 7,1 \text{ Au} + 8,0 \text{ Cu}_{\text{Cd}} + 12,4 \text{ S} - 5,6 \text{ Mg}] 10^{-3} \text{ rad}$$

$$\text{Dose } \gamma = [0,96 \text{ Dy}_m - 1,9 \cdot 10^{-3} (\text{Cu}_{\text{AV}} + \text{Cu}_{\text{AR}} - 2 \text{ Cu}_{\text{Cd}})] \text{ rad}$$

$$\text{Dose } (n, \gamma)_{\text{S}} = [0,35 \text{ Cu}_{\text{AV}} - 2,3 \text{ Au} + 3,5 \text{ Cu}_{\text{Cd}} + 5,5 \text{ S} - 2,4 \text{ Mg}] 10^{-3} \text{ rad}$$

$$^{24}\text{Na global (pour 70 kg)} = [0,09 \text{ Cu}_{\text{AV}} - 11,3 \text{ Au} + 10,4 \text{ Cu}_{\text{Cd}} + 25,3 \text{ S} - 10,8 \text{ Mg}] 10^{-3} \mu\text{Ci}$$

$$\text{Coefficient de transfert, } K_T = 2,2 \text{ } C_{\text{max}} / S_{\text{Snac } 22/3}$$

$$= 2,2 \text{ } S_{\text{DM6C}} / S_{\text{Snac } 22/3}$$

$$= 0,67 \text{ } S_{\text{DM6C br\^al\^e}} / S_{\text{Snac } 22/3}$$

$$\text{Dose individu} = \text{Dose station} \times K_T$$

$$\text{Distance individu-source} = \text{Distance station-source} \times 1/\sqrt{K_T}$$

III.3. - EXEMPLE D'INTERPRETATION DES DONNEES DE MESURE

Irradiation auprès du Health Physics Research Reactor d'Oak Ridge.

Mannequin Bomab et station derrière écran de lucite de 12 centimètres d'épaisseur.

Distance Station-Source : 3,75 m

Distance Mannequin-Source : 3 m

III.3.1. Données de mesure (Comptages sur Amperex 18546)

— Ceinture CC 2

(1) — 100 cpm	(2) — 97 cpm	(3) — 40 cpm	(4) — 21 cpm
(5) — 65 cpm	(6) — 111 cpm		$C_{Max} = 111$ cpm

— Dosimètre individuel PS 1 C

Or nu, face la plus active	Au	= 6 590 cpm
Or sous cadmium, face la plus active	Au _{Cd}	= 1 660 cpm
Soufre, 2 plaquettes	S	= 191 cpm
Soufre brûlé	S _b	= 630 cpm
PB 33, dose mesurée (roentgen)	D _{v_m}	= 110 R
Activité ²⁴ Na globale	A _{Na}	= 19 μCi

— Station dosimétrique DCZ 50

Cuivre extérieur, côté source	Cu _{AV}	= 16 480 cpm
Cuivre extérieur, côté opposé	Cu _{AR}	= 3 530 cpm
Or, face mate vers le compteur	Au	= 466 cpm
Cuivre sous cadmium	Cu _{Cd}	= 1 350 cpm
Soufre	S	= 404 cpm
Magnésium	Mg	= 246 cpm
PB 33, dose mesurée (roentgen)	D _{v_m}	= 43 R

L'activité ²⁴Na a été mesurée sur mannequin Bomab :

Poids approximatif : 60 kg

Concentration ²³Na : 1,6 g/litre.

Elle a été ramenée au poids de 70 kg pour lequel la formule linéaire a été établie.

III.3.2. Première évaluation (Ceinture CG2, Dosimétrie individuel PS 10)

$$\begin{aligned}
 \text{Dose PLC} &= 0,57 \times 111 = 63 \text{ rad} \\
 &0,33 \times 191 = 63 \text{ rad} \\
 &0,10 \times 630 = 63 \text{ rad} \\
 \text{Dose } \gamma + (n, \gamma)_S &= 0,96 \times 170 - 0,012 (6590 - 1660) = 46,4 \text{ rad} \\
 \text{Dose } (n, \gamma)_{S7} &= 0,011 \times 1660 = 18,2 \text{ rad} \\
 \text{Dose } \gamma &= 0,96 \times 110 - (1,35 \times 6590 - 1,1 \times 1660) 10^{-3} = 34,9 \text{ rad}
 \end{aligned}$$

III.3.3. Evaluation corrigée (Station DCZ 50)

$$\begin{aligned}
 \text{Dose PLC} &= [-1,3 \times 466 + 0,6 \times 1350 + 11,4 \times 404 - 3,6 \times 246] 10^{-3} = 39,2 \text{ rad} \\
 \text{Dose } (n, \gamma)_{S7} &= [0,3 \times 16480 - 4 \times 466 + 4,6 \times 1350 + 0,3 \times 404 - 3,5 \times 246] 10^{-3} = 11,8 \text{ rad} \\
 \text{Dose } \gamma &= 0,96 \times 43 - 1,1 \cdot 10^{-3} (16480 + 3530 - 2 \times 1350) = 22,2 \text{ rad} \\
 \text{Dose } (n, \gamma)_{\text{surface}} &= [0,2 \times 16480 - 61,3 \times 466 + 2,0 \times 1350 + 3,7 \times 404 - 1,5 \times 246] 10^{-3} = 6,5 \text{ rad} \\
 A_{Na} &= [0,05 \times 16480 - 6,4 \times 466 + 6,0 \times 1350 + 17 \times 404 - 6,8 \times 246] 10^{-3} = 11,1 \mu\text{Ci}
 \end{aligned}$$

III.3.4. Coefficient de transfert

$$\begin{aligned}
 K_T &= 5,7 \times 111/404 = 1,57 \\
 &= 3,3 \times 191/404 = 1,56 \\
 &= 1,0 \times 630/404 = 1,56
 \end{aligned}$$

III.3.5. Doses individuelles

	Transfert station	Dosimètres individuels
Dose PLC	$39,2 \times 1,56 = 61,8 \text{ rad}$	63 rad
Dose $n\gamma_{S7}$	$11,8 \times 1,56 = 18,4 \text{ rad}$	18,2 rad
Dose γ	$22,2 \times 1,56 = 34,6 \text{ rad}$	34,9 rad
Dose $n\gamma_S$	$6,5 \times 1,56 = 10,1 \text{ rad}$	11,5 rad
Activité ^{24}Na	$11,1 \times 1,56 = 17,3 \mu\text{Ci}$	19 μCi

Position du mannequin :

$$d_i = \frac{3,75}{\sqrt{1,56}} = 3 \text{ mètres}$$

III.4. - EVALUATION DE L'ACTIVITE GLOBALE EN SODIUM 24 (1)

Appareil de mesure	Valeur mesurée	Activité sodium 24 en μCi		
		Géométrie I	Géométrie II	Géométrie III
IPAB - Sonde β - γ	100 c.e.s $^{-1}$	24	260	
GMT 14	"	21	220	
DSM	"	6,5	80	
DT 12	"	5,5	70	
SPP 3				
Seuil 50 keV	"	2,0	23	
Seuil 400 keV(2)	"	3,3		3
Seuil 600 keV	"	7,0	82	
Seuil 1 MeV	"	14	164	
Seuil 2 MeV(2)	"	24		17
BABYLINE	1 mR.h $^{-1}$	30	360	
VICTOREEN 440	"	38	460	

Le coefficient de correction à appliquer à l'activité mesurée T heures après l'irradiation pour remonter à l'activité sodium 24 en fin d'irradiation est :

$$F_c = \frac{e^{-0,05.T}}{1 - e^{-1,05.T}}$$

(1) R. ESTOURNEL et Coll. - Evaluation rapide de la dose de neutrons à la suite d'un accident de criticité par mesure de l'activité ^{24}Na - Rapport CEA R 3083 - Octobre 1966.

(2) J.P. PAGES - Communication personnelle.

III.5. - DONNEES SUR LES SOURCES CRITIQUES

TYPE DE REACTEUR	ECRAN	$\frac{D_{PLC}}{S_{PSIC}}$	$\frac{D_{NY57}}{Au/Cd}$	$\frac{D_{PLC+(n,\gamma)_{S7}}}{Na\ 24}$	$\frac{D_{\gamma}}{D_{PLC+(n,\gamma)_{S7}}}$
Métallique (HPLR)	-	0,34	0,010	5,8	0,10
	Lucite (12 cm)	0,33	0,015	5,4	0,45
	Acier (13 cm)	0,38	0,007	1,9	0,16
Solution (CRAC)	-	0,31	0,011	5,0	0,70
	Béton (20 cm)	0,31	0,010	3,0	0,90
Modéré D ₂ O (VINCA)	-	0,51	0,011	2,5	0,54

III.6. - SPECTROMETRIE DES NEUTRONS

La méthode adoptée pour l'interprétation des données des SNAC permet le tracé d'un spectre définissant, de façon approchée, la répartition, en fonction de l'énergie, des neutrons reçus par le détecteur. Ce tracé peut être effectué par l'ordinateur utilisant le programme SESR 1590, mais il peut également être défini par une série de fonctions linéaires des activités des détecteurs constituant le SNAC.

La représentation généralement adoptée est $E \cdot \phi(E)$ en fonction de $L_n(E)$ pour laquelle les surfaces restent représentatives des fluences. La surface unité est définie par l'ordonnée $E \cdot \phi(E) = 1$ et tout couple d'abscisses $[L_n(E_1), L_n(E_2)]$ tel que $E_1/E_2 = e = 2,718$.

Dans la pratique, il est intéressant de disposer d'un histogramme donnant les fluences par bandes d'énergies : il est, ainsi, possible de calculer, de façon simple, toute interaction des neutrons définie par sa courbe de probabilité en fonction de l'énergie.

Les tableaux III.6.1 et III.6.2 donnent, pour 15 bandes d'énergies les coefficients à utiliser pour le calcul de la fluence dans chacune de ces bandes. Le nombre des bandes peut, si on le désire, être réduit par addition, pour chaque détecteur, des coefficients correspondant aux bandes d'énergies à regrouper.

Les tableaux donnent, également, à titre indicatif, les valeurs moyennes du kerma et de la dose maximale absorbée par unité de fluence pour chacune des bandes d'énergies considérées.

Coefficients de calcul des fluences par bandes d'énergie kerma
 et dose absorbée maximale par neutron
 (Comptage sur AmpereX 18.546 - Activités en cpm)

BANDES D'ENERGIES	COEFFICIENTS x 10 ⁻⁶ n.cm ⁻² par cpm				KERMA x 10 ⁸ erg.g ⁻¹ par n.cm ⁻²	Dose absorbée maximale x 10 ⁶ rad par n.cm ⁻²
	Or	Cuivre	Soufre	Magnésium		
0,4 eV - 10 eV	9,2	- 0,6	-	-	0,03	0,5
10 eV - 100 eV	1,7	1,0	-	-	0,01	0,5
100 eV - 1 keV	- 2,3	2,2	-	-	0,04	0,4
1 keV - 10 keV	- 6,3	3,4	-	-	0,41	0,4
10 keV - 100 keV	- 10	4,5	0,5	- 0,3	3,2	0,6
100 keV - 160 keV	- 2,2	0,9	0,6	- 0,3	8,1	0,9
160 keV - 250 keV	- 2,1	0,9	1,1	- 0,6	11	1,1
250 keV - 400 keV	- 1,9	0,8	2,1	- 1,1	14	1,4
400 keV - 630 keV	- 1,6	0,6	3,6	- 1,9	19	1,8
630 keV - 1 MeV	- 1,0	0,4	5,7	- 2,9	22	2,6
1 MeV - 1,6 MeV	- 0,4	0,2	7,7	- 3,7	26	3,2
1,6 MeV - 2,5 MeV	-	-	8,2	- 3,4	31	3,7
2,5 MeV - 4,0 MeV	-	-	6,1	- 1,8	36	4,4
4,0 MeV - 6,3 MeV	-	-	2,3	+ 0,3	42	5,4
6,3 MeV - 10 MeV	-	-	0,1	+ 0,8	48	5,9

Tableau III.6.1 : Détermination du spectre (SNAC 50)

Achévé d'imprimer

par

**le C.E.A., Bureau de Documentation, Cadarache
JUILLET 1975**

Dépôt légal

3ème Trimestre 1975

Édité par

le Service de Documentation

Centre d'Études Nucléaires de Saclay

Boîte Postale n° 2

91190 Gif sur YVETTE (France)