

INSTRUCTIONS DE SERVICE DU TUBE COMPTEUR TYPE G

1. Débitmétrage de dose avec le tube compteur type G page 2
2. Erreurs statistiques de mesure page 2
3. Mesures du degré de contamination page 3
4. Limite d'indication page 3
5. Émetteur radioactif de contrôle au KCl page 4
6. Synthèse des composantes radioactives page 5

ANNEXE I:
TAUX NETS D'IMPULSIONS page 6

ANNEXE II:
INSTRUCTIONS POUR L'UTILISATION
DE LA TABLE page 7



1. Débitmétrage de dose avec le tube compteur type G

Le tube compteur à fenêtre terminale est un simple tube-compteur indiquant 1e degré de contamination et par conséquent non approprié au débitmétrage de dose. Cela est dû d'une part à la très haute sensibilité de ce type de tube compteur qui a la radiation intense telle qu'elle se produit souvent lors de débitmétrages passe relativement vite en saturation; son temps de retard plus élevé entraîne en cas de hautes densités d'impulsions des pertes de coïncidence. D'autre part l'absorption de la radiation panoramique du tube compteur n'est pas symétrique à cause de la superficie relativement grande de la fenêtre terminale comparée à la surface totale du tube, ce qui aurait pour effet que tout changement d'ajustage angulaire vis-à-vis de la source radioactive ferait résulter des valeurs de mesure différentes.

Pour 1e débitmétrage de dose avec 1e ALPHAIx nous recommandons comme tube compteur ou bien le type A ou bien le type B!

La variation de la radiation de fond indiquée en millirem par an (mrem/a), se calcule en multipliant par le facteur 4 1e nombre d'impulsions transformé à l'unité de la minute.

2. Erreurs de mesure statistiques

La radiation de fond normale qui selon la région peut varier énormément est de 120 mrem/a (équivalente à 1,2 mSv/a). La radiation de fond normale à une région précise ou au lieu de mesurage peut être déterminée en exposant l'instrument de mesure en état de marche pendant 2 heures à la radiation d'un endroit dont le voisinage est bien exempt de toute source radioactive. Le nombre d'impulsions enregistrées transformé en nombre d'impulsions par minute (lpm) représente alors le fameux taux zéro. Seuls les résultats de mesure s'élevant au-dessus du taux zéro sont disposés à indiquer un éventuel émetteur radioactif.

Tout résultat de mesure est affecté d'une erreur de mesure statistique, ce qui est du au fait que le rayonnement radioactif n'est pas constant aussi bien dans l'espace que dans le temps mais qu'il se manifeste différemment dans les intervalles en question.

L'erreur de mesure se calcule à partir de la racine du nombre des impulsions comptées:

$$\text{Erreur de mesure en \%} = \frac{100}{\sqrt{N}} \quad (N = \text{nombre total des impulsions comptées})$$

Cela veut dire que l'erreur de mesure décroît avec 1e nombre des impulsions. En d'autres mots, plus le mesurage dure, plus 1e résultat de mesure est exact. Ainsi une série de mesures de 100

impulsions comporte une erreur de 10 %. Pour 1000 impulsions on n'a plus que 3,2 % et pour 10 000 impulsions on n'est plus qu'à 1 %. Pour 1e contrôle des denrées alimentaires il est en général

recommandable d'appliquer un temps de mesure minimum de 10 minutes. Pour les mesures durant 10 minutes et un taux zéro de 30 lpm 1e taux toléré s'éleve à 35 lpm (30 + 5), c.à.d. seul un

nombre d'impulsions dépassant 35 par minute provient d'un émetteur supplémentaire. Au cas où une série de mesures se trouve tout près du taux toléré 1a série doit être répétée moyennant un temps de mesure plus long.

3. Mesures du degré de contamination

La mesure du degré de contamination se fait avec des tubes compteurs capables de capter la radiation BETA et éventuellement aussi la radiation ALPHA. Afin de garantir la sensibilité d'indication nécessaire les mesures du degré de contamination se font ordinairement sans la capsule protectrice, c.à.d. à fenêtre découverte.

Le degré de contamination se mesure en Becquerel (indication de l'activité de la radiation) et non en Rem ou Sievert (indication de l'énergie de la radiation).

On procède de préférence au broyage et au séchage de l'échantillon à examiner. Pour l'emploi du tube compteur du type G 20 grammes de masse sèche suffisent puisque la fenêtre de ce type

de tube compteur est relativement petite. Le séchage peut se faire dans un four normal ou bien dans un four-à-micro-ondes. Avant le séchage l'échantillon est à peser puisque la radiation mesurée est à mettre en relation au poids normal de l'échantillon.

La fenêtre est à rapprocher au plus près de l'échantillon. Une distance de sécurité d'au moins 5 mm est cependant à observer pour que la fenêtre ne soit pas contaminée à son tour au contact de l'échantillon. Pour effectuer des mesures précises l'instrument doit être monté sur un trépied afin de garantir le maintien d'une distance constante pendant les 10 minutes.

Comme étant mentionné ci-dessus le taux toléré pour une mesure de 10 minutes s'élève à 35 lpm; cela veut dire que tant qu'il n'y a pas plus de 350 impulsions indiquées durant des mesures de 10 minutes, la valeur mesurée se trouve toujours en dedans de la limite de tolérance. Au cas où le nombre d'impulsions mesurées durant 10 minutes dépasse les 350, alors il y a accord d'admettre qu'avec le seul passage au delà de la limite de tolérance on se trouve en présence d'un degré de contamination d'au moins 50 Bq/kg.

La limite d'indication du tube compteur du type G se situe à environ 1 Bq pour une distance de 0,5 cm et un temps de mesure de 10 minutes. En transformant les 20 grammes de l'échantillon à l'unité du kg

(1 Bq x 50) on obtient 50 Bq/kg.

La valeur de mesure précitée se rapporte au poids normal de l'échantillon pour autant que celui-ci a été séché par un procédé artificiel. Pour des échantillons secs tels que le café, le thé, toutes sortes de drogues, le lait en poudre, les minéraux, le sable, les matériaux de construction, la ferraille, etc., la valeur mesurée est à rapporter à l'unité du kg puisque les valeurs de référence sont données normalement en kg. L'extrapolation de la valeur mesurée se fait toutefois au détriment d'un résultat précis (+/- 20 %).

4. Limite d'indication (Limind)

La limite d'indication d'un instrument de mesure se calcule comme suit:

$$\text{Limind} = 3 \sqrt{\text{taux zéro}}$$

Pour le tube compteur du type G la limite de l'indication lors d'une mesure d'une minute est de 16,5 impulsions; ainsi le taux toléré serait de 46,5 impulsions:

$$\sqrt{30} \times 3 = 5,478 \times 3 = 16,434 \text{ impulsions (Limind)}$$

$$30 + 16,5 = 46,5 \text{ lpm taux toléré}$$

Lors d'une mesure de 10 minutes la limite d'indication diminue:

30 impulsions (taux zéro) x 10 minutes = 300 impulsions

$$\sqrt{300} \times 3 = 17,32 \times 3 = 51,96$$

51,96 + 10 minutes = 5,19 lpm (Limind)

$$300 + 52 = 352 \text{ impulsions ou bien } 30 + 5,2 = 35,2 \text{ lpm}$$

Comme le montrent les exemples la précision des mesures augmente avec la durée de la mesure. Le temps de mesure en est à prolonger quand une mesure de 10 minutes ne fait apparaître aucun résultat satisfaisant. Comme on a pu constater le résultat du calcul du taux toléré a été arrondi. Bien entendu on peut aussi calculer avec les valeurs non-arrondies.

La limite de l'indication pour le tube-compteur du type G (taux zéro + 30 lpm) appliquée à la table des mesures, p. ex. pour le Cs-137, donne le résultat suivant:

143 lpm correspondent à 100 Bq Cs-137

16,5 lpm Limind correspondent ainsi à :

$$(100 \text{ Bq} + 143 \text{ lpm}) \times 16,5 = 0,7 \times 16,5 = 11,5 \text{ Bq Cs-137}$$

Lors d'une mesure de 10 minutes la limite d'indication est de 5,2 lpm, ce qui appliqué à la table de mesures donne :

$$(100 \text{ Bq} + 143 \text{ lpm}) \times 5,2 = 0,7 \times 5,2 = 3,6 \text{ Bq Cs-137}$$

Cela signifie qu'avec le tube-compteur du type G le Cs-137 peut être indiqué à partir de **12 Bq lors d'une durée de mesure d'une minute** et à partir de **4 Bq lors d'une durée de 10 minutes**.

5. Emetteur radioactif de contrôle au KCl

Attendues les données empiriques, les tubes compteurs Geiger-Müller ont une durée de service d'à peu près 10 ans. La durée en est réduite de même par les applications l'exposant à de fortes radiations puisqu'alors le gaz de coupage à l'intérieur du tube compteur se dissipe plus rapidement.

Au bout de maintes années d'utilisation il va être opportun de pouvoir contrôler la fonctionabilité du tube-compteur. Voilà pourquoi nous offrons un émetteur de contrôle qui par l'une de ses surfaces émet une radiation de **12 Bq +/- 1**. Il s'agit d'un comprimé de 5 grammes à l'intérieur duquel une radioactivité naturelle (K-40) de 85 Bq a été insérée et dont seulement 12 Bq en sont dégagés par l'une des surfaces puisque la radiation BETA est retenue en grande partie à l'intérieur du comprimé par l'effet de l'auto-absorption.

Lors de la désintégration nucléaire du K-40, 89,33 % en est dégagée par radiation BETA portant une énergie maximale de 1.312 keV et 10,67 % par radiation GAMMA de 1.461 keV.

La mesure de contrôle se fait à capsule ouverte aussi bien pour l'échantillon que pour le tube compteur; on y procède en appuyant la fenêtre du tube compteur directement sur la surface de l'échantillon.

En cas d'utilisation du tube compteur du type A le collet métallique peut être monté, quant à l'utilisation du tube du type G, une distance de 5 mm est à respecter. Un tube compteur en bon état de fonctionnement doit afficher après une mesure de 10 minutes un nombre net d'impulsions (c.à.d. après déduction du taux zéro) de

1054 impulsions +/- 41 au cas du type G,

205 impulsions +/- 24 au cas du type A,

434 impulsions +/- 26 au cas du type B,

792 impulsions +/- 35 au cas du type FSZ.

Tous les taux d'impulsions devront se situer en dedans les bandes précitées autour des taux de contrôle indiqués avec une probabilité de 65 %. La condition suffisante en est la détermination suffisamment exacte du taux zéro qui est à déduire du nombre total des impulsions afin d'obtenir le taux net d'impulsions.

L'expérience montre que 1e vieillissement d'un tube compteur fait croître le nombre d'impulsions affiché.

6. Synthèse des composantes radioactives

La synthèse de la radiation selon les composantes ALPHA, BETA et GAMMA s'avère relativement simple en ce qui concerne la radiation ALPHA. Cette dernière consiste en des noyaux d'hélium comportant deux charges électriques positives qui même à l'air ne disposent que d'un rayon d'action minime - 10 cm au maximum, en règle générale pas plus de 5 cm.

La composante ALPHA peut être déterminée en effectuant 2 mesures avec les tubes compteurs à fenêtrage terminale (type A ou G) en procédant d'une part à une mesure avec fenêtrage découvert et d'autre part à une autre avec fenêtrage toujours découvert mais qui a été recouverte par une pellicule transparente. La pellicule empêche les particules ALPHA d'entrer au tube compteur, de sorte que la différence entre les deux mesures effectuées correspond à la part de la radiation ALPHA. Quand on se trouve en face d'une radiation ALPHA intrinsèque, alors le résultat de la première mesure (sans la pellicule) doit être d'autant plus élevé que celui de la seconde. La distance à respecter est de 5 mm.

La séparation des radiations BETA et GAMMA n'est pas si simple parce qu'un blindage complet de la radiation BETA ne peut empêcher l'absorption d'une partie de la radiation GAMMA par la radiation

BETA et ce même aux niveaux d'énergie supérieurs. La radiation BETA peut être blindée jusqu'à-peu-près vers 1,5 MeV par un disque en plexiglas ou en matière plastique de 4 mm d'épaisseur ou bien par de l'aluminium de 2 mm. En général une règle épaisse y suffit aussi. Pour le tube compteur du type A ce blindage s'effectue à l'aide d'une capsule en aluminium. Ainsi l'on peut obtenir grâce au résultat d'une troisième mesure à réaliser avec blindage à l'aide d'un disque en plexiglas ou en matière plastique une différence vis-à-vis du résultat de la seconde mesure, différence correspondant à la part de la radiation BETA.

ANNEXE I**TAUX NETS D'IMPULSIONS EN lpm**

La table a été établie pour des radiateurs de 6 nuclides différents pouvant être libérés d'une centrale nucléaire en cas d'accident au sein du réacteur, éta1onnés respectivement à 100 et à 1000 Bq. Les nombres des impulsions par minute sont indiqués. Ces données ont été obtenues par des mesures durant 10 minutes; les taux zéro respectifs des tubes compteurs ont été déduits. Il s'agit donc des taux nets d'impulsions (exempts de la radiation de fond). Les mesures ont été effectuées en respectant une distance au radiateur de 30 mm. Une diminution de cette distance aurait fait accroître 1e nombre d'impulsions mesurées; en conséquence une augmentation l'aurait fait décroître.

nuclide Bq	tube compteur à fenêtre terminale		tube compteur à immersion	
	Type A	Type G	Type B	Type FSZ

lpm

100 Bq

J-131	26,2	63	13,5	27,5
Cs-137	35,6	143	27,3	52,3
Sr-90	36,0	155	29,1	59,0
Sr-90 + Y-90	84,6	363	100,3	203,4
Uranium	15,9	64	28,9	57,0
Thorium	19,3	74	31,2	62,1

1000 Bq

J-131	262	626	135	275
Cs-137	356	1431	273	523
Sr-90	360	1550	291	590
Sr-90 + Y-90	846	3630	1003	2034
Uranium	159	638	289	570
Thorium	193	744	312	621

ANNEXE II

INSTRUCTIONS POUR L'UTILISATION DE LA TABLE

On peut constater que les taux d'impulsions des tubes compteurs sont directement proportionnels aux valeurs étalonnées en Becquerels. Grâce à cette relation il est possible de déterminer par extrapolation les valeurs relatives à d'autres nombres d'impulsions mesurées. Pour déterminer p.ex. le degré de contamination par du césium-137*** d'un objet quelconque, on effectue une mesure durant 10 minutes à une distance de 30 mm de l'échantillon; le nombre d'impulsions obtenu par la mesure est alors appliqué à la table des mesures après transformation à la base d'une minute.

Exemple: Une mesure durant 10 minutes prise d'un échantillon contaminé au césium-137 avec le tube compteur du type G indique 500 impulsions.

La transformation à la base d'une minute ($500 : 10 = 50 \text{ lpm}$) et la déduction du taux zéro (30 lpm) étant opérées

il reste un taux net d'impulsions de 20 lpm.

La table indique pour le Cs-137 étalonné à 100 Bq et capté par le tube-compteur du type G un taux de 143 lpm. Alors 20 lpm correspondent à

100 Bq : $143 \times 20 = 14 \text{ Bq}$

Au cas où p. ex. l'échantillon pèse 20 grammes, le résultat obtenu est à transformer à la base d'un kg:

14 Bq x 50 = 700 Bq/kg.

Il s'est avéré par l'expérience que bien souvent les conditions d'application pratiques ne coïncident pas avec celles de la table. Les mesurages opérés sur des surfaces se font souvent à une distance inférieure - 5 mm en général. À une distance de 5 mm le nombre d'impulsions est de 5 fois supérieur à celui qu'indique la table. Cela signifie que la valeur correspondante de la table avant d'être transformée est à multiplier par le facteur 5. De cette façon-là

715 lpm (143×5) correspondraient à 100 Bq.

Transformés aux susdites 20 lpm il n'en resterait plus que

100 Bq : $715 \times 20 = 2,8 \text{ Bq césium-137}$.

Les tubes compteurs à immersion ne s'appliquent généralement pas au mesurage sur des surfaces. Leur application comme sondes à immersion s'avère beaucoup plus efficace. En vue de l'obtention de résultats comparables la valeur correspondante de la table de mesures est à multiplier par le facteur 10. Cela signifie pour le tube compteur du type G que

100 Bq de Cs-137 correspondent à 1430 lpm (143×10).

(*) On peut admettre que la contamination actuellement existante en Europe comme conséquence à la catastrophe de Tchernobyl se réduit au seul effet du nuclide césium-137