

RadioProtection Cirkus

Les appareils de radioprotection Mesures de la contamination

Nom de l'auteur : Marc AMMERICH

N° chrono : DOC-FO-21_1

Version du : 15 avril 2018

Le portail de la RP pratique et opérationnelle
www.rpcirkus.org - www.forum-rpcirkus.com

APPAREILS DE RADIOPROTECTION

MESURE DE LA CONTAMINATION

Dénombrement des rayonnements

PARTIE 1

MESURE DE LA CONTAMINATION SURFACIQUE

- Les électroniques utilisées
- Les détecteurs à scintillations
- Les détecteurs à gaz
- Les compteurs proportionnels



APPAREILS DE RADIOPROTECTION

Précautions d'emploi avant toutes choses Pour tous les modèles de détecteurs

- Mettre en fonctionnement l'appareil quelques minutes avant la mesure.
- Réaliser une évaluation du bruit de fond : mesure en l'absence de toute radioactivité.
- Vérifier l'intégrité de l'appareil : pas de coups portés ou reçus.



MESURE DE LA CONTAMINATION

Les électroniques utilisées

ECM 21

Échelle de Comptage



Intègre durant un
Temps de comptage

MIP 10

Mini Ictomètre Portatif



Mesure un
Taux de comptage

Associées aux sondes adaptées

Photos : Nardeux



APPAREILS DE RADIOPROTECTION

Les électroniques utilisées

- **L'ictomètre**, réalise une mesure directe en impulsions par seconde. La valeur de la mesure est relevée par lecture directe en fonction de la variation de l'aiguille ou de l'affichage digital. L'opérateur doit savoir apprécier une valeur moyenne.
- **L'échelle de comptage** permet de programmer le temps de mesure, pour ensuite obtenir une valeur moyenne plus précise.

Conseil: rendez vous au diaporama consacré aux statistiques, afin de comprendre pourquoi plus une mesure est longue, et meilleure est sa précision.



MESURE DE LA CONTAMINATION

Les électroniques utilisées – nouveaux modèles



MIP 10 Digital

Photo : MIRION



Modèle Icto

Photo : Carmelec

MESURE DE LA CONTAMINATION

Détecteurs à scintillations



Photo: Nardeux

Sonde alpha

Scintillateur : SZn

Surface utile de détection : 30 cm²

Mouvement propre: 0,05 i.s⁻¹

Opacité : film alu 3 μm

Rendement : ≈ 44 % ²³⁹Pu

Conseils d'utilisation

- Réaliser régulièrement un test de bon fonctionnement car le faible mouvement propre de la sonde ne permet pas d'identifier que la sonde est en fonctionnement;
- Contrôler à moins de 5 cm sans toucher, car la fenêtre est fragile.
- Ne pas protéger la fenêtre avec un film (écran aux rayonnements).

Attention : cette sonde robuste a horreur de l'humidité



MESURE DE LA CONTAMINATION

Détecteurs à scintillations



Photo: Nardeux

Sonde bêta

Scintillateur : Plastique

Surface utile de détection : 30 cm²

Mouvement propre: 1 à 2 i.s⁻¹

Opacité : film alu 12 μm

Rendement : ≈ 70 % ⁹⁰Sr - ⁹⁰Y

Détection $E_{\beta_{\max}} > 200$ keV

Conseils d'utilisation

- Ne pas contrôler trop près, car la fenêtre est fragile.
- Ne convient pas à la mesure des particules bêta de faibles énergies.

Attention : Rien ne ressemble plus à une sonde bêta qu'une sonde alpha !



MESURE DE LA CONTAMINATION

Détecteurs à scintillations

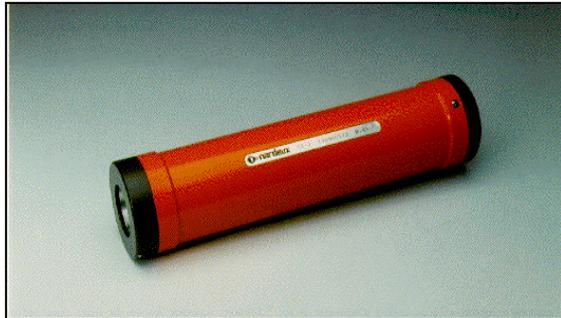


Photo: Nardeux

Sonde X

Scintillateur : NaI

Diamètre : 32 mm

Épaisseur : 3 mm

Mouvement propre: 10 à 20 i.s⁻¹

Rendement : 30 % ⁵⁵Fe

Détection E_{min} > 5 keV

Détection E_{max} : 150 keV

Conseils d'utilisation

- Etre vigilant à sa sensibilité à d'autres types de rayonnements
- Détection de sources émettant des rayonnements gamma à distance
- Utile pour les transuraniens, l'iode-125, le technétium-99m,...



MESURE DE LA CONTAMINATION

Détecteurs à scintillations



Photo: Nardeux

Sonde Gamma

Scintillateur : NaI

Diamètre : 32 mm

Épaisseur : 25 mm

Mouvement propre : 20 à 40 i.s⁻¹

Rendement : $\approx 20\%$ ⁶⁰Co

$\approx 46\%$ ¹³⁷Cs

Détection Emin pratique > 100 keV

Conseils d'utilisation

- Le mouvement propre élevé de cette sonde rend difficile la détection de faibles activités.
- Ne mesure pratiquement que les gamma (électromagnétiques de forte énergie), ainsi que les particules bêta d'énergies moyennes à élevées.



MESURE DE LA CONTAMINATION

Détecteurs à scintillations



Photo :Berthold

LB 124

Détecteurs à scintillateur ZnS(Ag) de 170 ou 300 cm² pour détecter simultanément et efficacement les radiations γ , β , et α .

Résultats affichés en coups/s ou en Bq/cm² grâce à une bibliothèque de plus de 50 facteurs de calibrage α et β / γ .

Conseils d'utilisation

- Comme de nombreux modèles récents d'appareils de détection, le LB 124 possède de nombreuses fonctions très utiles, à condition de les maîtriser en lisant la notice.
- Etre vigilant sur le niveau de piles ou de batteries. Ne pas utiliser en cas de niveau d'alimentation faible.



MESURE DE LA CONTAMINATION

Détecteurs à scintillations

COMO 170



Photo : Saphymo

Scintillateur plastique avec une couche de ZnS(Ag) associé à un PM blindé.

Fenêtre protégée par un mylar aluminisé de 2 μm .

Grandeur mesurée et unités : Taux de comptage (c.s^{-1}),
Activité (Bq) et Activité surfacique (Bq.cm^{-2}).

Rendements de détection calculés sous 4π
avec des sources surfaciques

^{239}Pu : 18,5 % - ^{90}Sr - ^{90}Y : 31,5 % -

^{238}Pu : 20 % - ^{36}Cl : 30 % - ^{137}Cs : 28 %

^{60}Co : 24 % - ^{14}C : 13,5 %

Attention : En présence de taux de comptages importants sur la voie Beta, possibilité de valeurs détectées artificiellement sur la voie alpha . Cf :phénomène de rejection.



MESURE DE LA CONTAMINATION

Détecteurs à scintillations – nouveaux appareils



Gamma sensibilité
moyenne: SG-1R
1"x1" NaI(Tl) – 200 μ Sv/h maximum



Gamma sensibilité
élevée: SG-2R
2"x2" NaI(Tl) – 50 μ Sv/h maximum



Alpha-Bêta grande
surface: SAB-100
Plastique fin avec dépôt de
ZnS 100 cm²



Alpha grande surface
SA-100
ZnS 100 cm²



Alpha petite surface
SA-20
ZnS 20 cm²

Photos: MIRION

Bêta petite surface
SB:20
Plastique fin 20 cm²

Bêta grande surface
SB-100
Plastique fin 100 cm²

MESURE DE LA CONTAMINATION

Détecteurs à scintillations – Scintillation liquide

Cette méthode de détection est mise en œuvre pour les rayonnements dont l'énergie est si faible qu'elle rend impossible la mesure directe à la sonde. L'utilisation la plus courante est la détection du **Tritium** : ^3H .

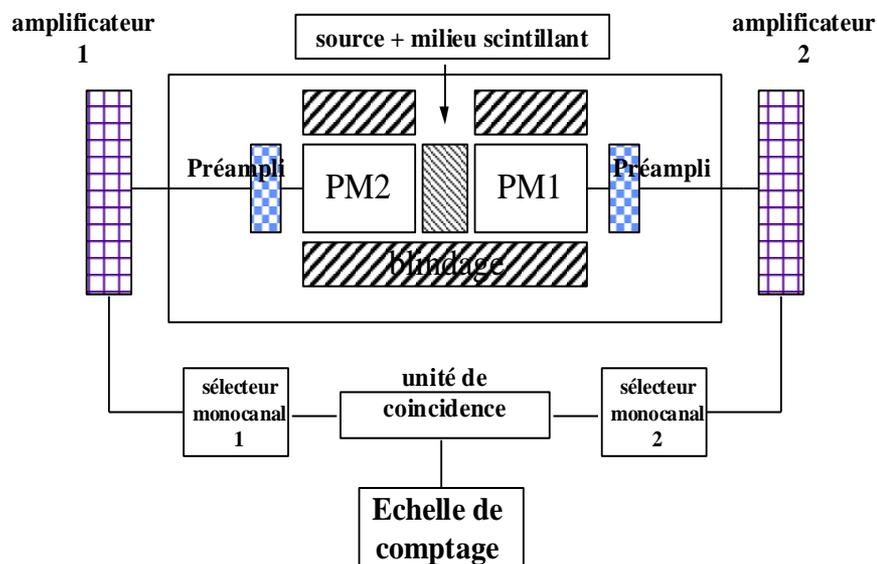


Schéma de principe

- Le + :
Rendement: le plus proche de 100%
- Le - :
La source est mélangée avec le produit scintillant.



MESURE DE LA CONTAMINATION

Détecteurs à scintillations – Scintillation Liquide



Photos :Perkin-Elmer



Photo: Hidex



Photo: LNHB



MESURE DE LA CONTAMINATION

Détecteurs à gaz – Geiger Müller

Le compteur Geiger-Müller.

- Inventé en 1928, il n'a pas beaucoup évolué depuis.
- **C'est le détecteur à tout faire.** Avec un compteur de ce type, une feuille de papier et un écran en plastique de 1 cm vous êtes capable d'analyser le rayonnement que vous mesurez (sauf les neutrons bien entendu).



MESURE DE LA CONTAMINATION

Détecteurs à gaz – Geiger Müller



Photo: Nardeux

Sonde bêta GM dite sonde bêta mous

Surface de détection : 6 cm²
Mouvement propre: 1 à 2 i.s⁻¹
Fenêtre : mica 2 mg.cm⁻²
Rendement : $\approx 15\%$ ¹⁴C
Détection $E_{\beta_{\max}} > 30$ keV

Conseils d'utilisation

- Utilisation principalement intéressante pour la mesure de particules bêta de faibles énergies, mais sensible à TOUS les autres rayonnements (sonde à tout faire)
- Attention aux forts taux de comptage (cf : temps mort) pouvant aussi diminuer la durée de vie.



MESURE DE LA CONTAMINATION

Tableau récapitulatif pour l'utilisation pratique des sondes reliées avec un MIP 10

Sonde	Appellation	Type de compteur	Rayonnements détectés	Sensibilité aux autres rayonnements	Mouvement propre
Alpha	SA	SZn	α	-	1 à 2 imp/min
Bêta faible énergie	SBM	Compteur Geiger-Müller	β $E_{\beta\max} > 50 \text{ keV}$	Tous les autres	1 à 2 imp/s
Bêta	SB	Scintillateur plastique	β $E_{\beta\max} > 200 \text{ keV}$	X et γ	1 à 2 imp/s
X	SX	Nal mince (2mm)	X et γ	β (électrons)	10 à 20 imp/s
Gamma	SG	Nal épais (2 cm)	$E_{\gamma} > 200 \text{ keV}$	-	20 à 40 imp/s



MESURE DE LA CONTAMINATION

Détecteurs à gaz – Geiger Müller



Photo :Nardeux

Sonde SBM-2D

dite sonde deux détecteurs

Diamètre de détection : 44 mm

Mouvement propre : 1 à 2 i.s⁻¹

Fenêtre : mica 2 mg.cm⁻²

Rendement : $\approx 12\%$ ¹⁴C

$\approx 46\%$ ⁶⁰Co

Détection E $\beta_{\max} > 30$ keV

MESURE DE LA CONTAMINATION

Détecteurs à gaz – Geiger Müller – Les nouveaux matériels



Photo : MIRION

Généraliste: SABG-15
G-M Pancake 15 cm²

Les nouveaux détecteurs peuvent se connecter à des radiamètres (compteurs GM compensés – qui mesurent des débits d'équivalents de doses) pour permettre des mesures de contamination.



MESURE DE LA CONTAMINATION

Détecteurs à gaz – Les nouveaux matériels

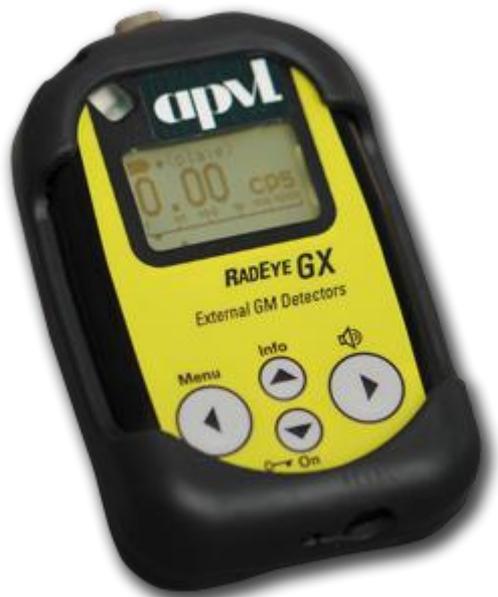


Photo : APVL

- Par exemple, le RadEye GX / GX-L est un polyradiamètre de nouvelle génération.
- Il complète la gamme RadEye pour des mesures de contamination et/ou d'irradiation. Il peut se connecter à des sondes à compteur GM.



MESURE DE LA CONTAMINATION

Compteurs proportionnels

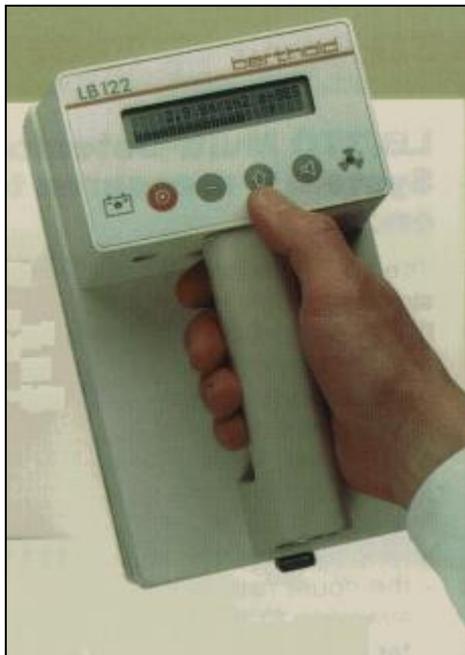


Photo :Berthold

LB 122

Compteur proportionnel à gaz
Fenêtre : surface 12 cm x 19 cm
Pas de Rendement mais possibilité
lecture $i.s^{-1}$ ou $Bq.cm^{-2}$!

Pas d'information sur l'étalon...

Fenêtre en mylar : $2 mg.cm^{-2}$

Détection α et β / γ

MESURE DE LA CONTAMINATION

Compteurs proportionnels

6150 AD k



Photo : Saphymo

Détection alpha, bêta, gamma

Compteur proportionnel à gaz

Fenêtre : surface 100 cm²

Rendement bêta :

- ≈ 6 % ⁶⁰Co
- ≈ 15 % ¹³⁷Cs
- ≈ 40 % ⁹⁰Sr - ⁹⁰Y

Rendement gamma :

- ≈ 1 % ⁶⁰Co
- ≈ 0,15 % ¹³⁷Cs

Mouvement propre: alpha : 0,05 c.s⁻¹

bêta : 6 c.s⁻¹

Fenêtre en mylar : 2 mg.cm⁻²



MESURE DE LA CONTAMINATION

Compteurs proportionnels

FHT 111 M



Photo : APVL

Détection alpha, bêta, gamma

Surface active de 100 ou 166 cm²

Mode compteur

Changement du compteur à l'aide d'un bouton-poussoir

Valeurs affichées en coups/s, Bq ou Bq/cm²

Configuration de radionucléide

Alarmes séparées alpha et bêta / gamma

MESURE DE LA CONTAMINATION

Ce qu'il ne faudrait pas faire !
Quelles sont les mesures effectuées ?



Photos :APVL

Cherchez l'unité... !

MESURE DE LA CONTAMINATION CORPORELLE

Contrôleurs mains/pieds et vêtements



Photo : MIRION

SIRIUS (ancienne génération)

Contrôleur mains/pieds

Compteurs proportionnels
pour alpha/bêta

Rendement sous 2π

54 % ^{90}Sr et 38 % ^{239}Pu

Surface détection main : 250 cm²

Surface détection pied : 525 cm²

Résultats en c/s

MESURE DE LA CONTAMINATION CORPORELLE

Contrôleurs mains/pieds et vêtements -nouveaux matériels



Photo: Berthold



Photo : MIRION



Photo: MIRION

MESURE DE LA CONTAMINATION VESTIMENTAIRE

Contrôler ses mains et ses pieds, c'est bien ! Mais il ne faut pas oublier les vêtements.



Photo CEA :
ancien modèle

CV 28

Contrôleur mains/pieds et vêtements
Compteurs proportionnels
pour alpha/bêta
Résultats en c/s



Photo SAPHYMO :
nouveau modèle

MESURE DE LA CONTAMINATION VESTIMENTAIRE

Certaines installations ont choisi un passage obligatoire.

Portique C1



Portique C2



Portique C3



Photos: EDF



Photos: MIRION



MESURE DE LA CONTAMINATION ATMOSPHÉRIQUE

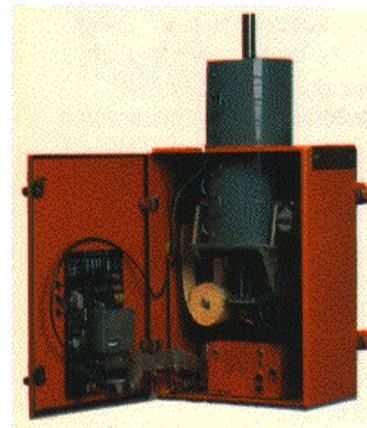
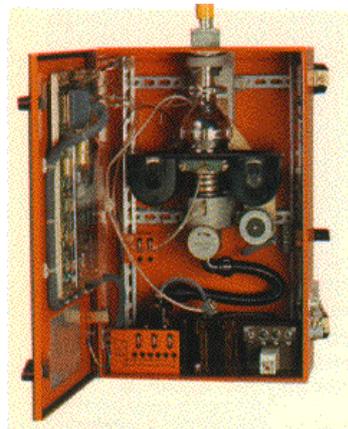
Mesure des aérosols et des gaz



Photo : MGPI

APA1

Prélèvement
sur filtre

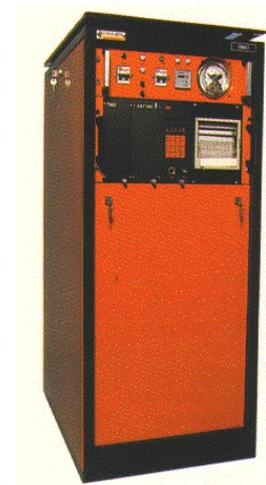


Photos : Cegelec

BFSA

Moniteurs de
contamination
atmosphérique

BFSB



C/CAG

Chambre
différentielle



MESURE DE LA CONTAMINATION ATMOSPHERIQUE

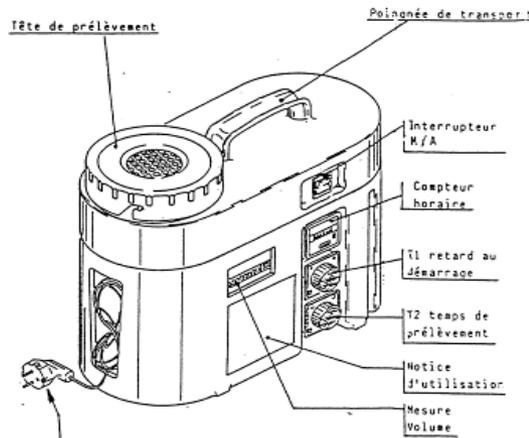
Mesure des aérosols et des gaz

- Appareils permettant de réaliser en continu des prélèvements atmosphériques sur filtre fixe. L'analyse des prélèvements et les résultats sont réalisés en différés.
- Ajout possible d'une cartouche de piégeage des gaz.
- Prélèvement sur filtre fixe.
- Débit de prélèvement : $1,2 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$

APA 71



Photo : CEA



APA 13

MESURE DE LA CONTAMINATION ATMOSPHERIQUE

Mesure des aérosols et des gaz



Cartouche Charbon actif

Photo : Promindus

Illustration de la cartouche permettant de piéger les gaz.

Prélèvement sur filtre fixe

Débit : $6 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$

Utilisation en continu

Comptage et résultats à postériori

MESURE DE LA CONTAMINATION ATMOSPHERIQUE

Mesure des aérosols et des gaz



Photo : CEA

Capteur de contamination (aérosols)
atmosphérique alpha ou bêta

Photo : BFSA Balise à filtre séquentiel alpha relié
à une unité de traitement à un TCR avec 4
facteurs correctifs k_p , k_r , k_d , k_c

Compensation radon

Filtre : membrane millipore

Débit d'aspiration : 100 litres par minutes

Limite de détection : 0,3 LDCA en 6 heures (Pu)

MESURE DE LA CONTAMINATION ATMOSPHERIQUE

Mesure des aérosols et des gaz

EDGAR:

Ensemble de Détection de Grille à Ailettes Radiales
Capteur de contamination (aérosols)
atmosphérique alpha et bêta

Photo :

Discrimination radon

Filtre : membrane millipore

Débit d'aspiration : 35 litres par minutes

Ce système équipe maintenant de nombreuses
balises atmosphériques.



Photo : CEA



Photo : MIRION



MESURE DE LA CONTAMINATION ATMOSPHERIQUE

Mesure des aérosols et des gaz

Moniteur aérosols BAI



Photo: Berthold

Détection alpha bêta gamma et spécifique iode

Photo : BAI 9100 DG

Mesures pour l'environnement

Compensation radon

Filtre mobile : fibre de verre

Débit d'aspiration jusqu'à : 1000 litres
par minutes



MESURE DE LA CONTAMINATION ATMOSPHERIQUE

Mesure des aérosols et gaz



Photo : CEA

DMAT 51

Relié à une unité de traitement à un TCR

Chambres différentielles

Mesure des gaz rares et tritium gaz



MESURE DE LA CONTAMINATION ATMOSPHERIQUE

Mesure tritium

Moniteur LB 110



Photo :Berthold

➤ Mesure spécifique du Tritium

Calibration pour une mesure en Bq/m^3
Grande sensibilité à partir de 100 Bq/m^3
Discrimination Tritium des autres Beta



MESURE DE LA CONTAMINATION ATMOSPHERIQUE

Mesure tritium

Moniteur Bionix



Photo : Premium Analyse

Détection de tritium à partir de 15 kBq/m³
Compensation manuelle ou automatique des gammas
Choix et personnalisation des unités (Bq/m³, Ci, RCA, LPCA, ...)
Seuils d'alarme et de pré-alarme programmables
Autonomie : 6 heures, recharge : 2h





POUR RÉSUMER



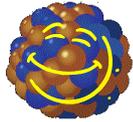
Les appareils de mesures sont extrêmement variés. Il ne demeure pas moins qu'il faut se poser les bonnes questions avant d'entreprendre une mesure :

- Quels types de rayonnements (simples ou multiples)
- Temps de réponse
- Gamme de mesure en énergie
- Gamme de mesure : coups par seconde, en Bq.cm⁻²
- Quelle est la source étalon et sa nature – support, forme

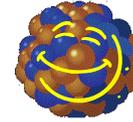
Quelle statistique de comptage est nécessaire pour qualifier la mesure de satisfaisante par rapport à votre objectif ?

....Sont les premiers pas pour une mesure correcte.





POUR RÉSUMER



- Nous vous incitons à vous rendre sur les sites des constructeurs. A étudier les documentations techniques.
- Nous ne pouvons être exhaustifs tant il y a d'appareils à votre disposition pour faire vos mesures.
- Et n'hésitez pas à les contacter ou venir les voir lors des différentes journées techniques où ils sont généralement présents.

