

Radon2025 14-16 Mai Marseille

Radons : Sources, mesures et applications

Maurice Chapellier

IJClab Université Paris Saclay /Aide a la science

- 1) Radons, généralités
- 2) Sources, de la plus faible à la plus forte
- 3) Mesures de l'activité des sources
- 4) Quelques applications

1) Les 3 radons « naturels »

Issus des 3 chaines,	^{238}U	^{222}Rn	$t_{1/2} = 3.8\text{j}$
	^{235}U	^{219}Rn	$t_{1/2} = 4\text{s}$
	$^{232}\text{Th.}$	^{220}Rn	$t_{1/2} = 55,6\text{s}$

Le plus suivi est celui de l' U^{238} à vie longue , présent partout dans l'environnement car il a le temps de sortir de la terre , des roches et des matériaux, y compris chez vous.

2) Sources de radon

a) Source faible

Vous avez beaucoup écouté sur les sources naturelles ,essentiellement du ^{222}Rn . Pour une source de laboratoire on va utiliser l'éjection de l'atome de radon issu du radium, lui-même contenu dans un minerai d'uranium . Dans une roche non poreuse le parcours moyen de l'atome de radon (énergie de l'ordre de 100keV) issu de la désintégration du radium est de 20 à 70 nm Dans un minéral comme la pechblende très dense le parcours est encore plus petit, de l'ordre de 220 Å

Pour une source de l'ordre du Bq on va enfermer un petit morceau ou de la poudre du minéral radioactif (pechblende par exemple) dans un tube fermé par un filtre en inox fritté. Ce filtre permet de pomper le système , inséré dans le détecteur, par exemple dans une sphère type NewsG. Le filtre est très important , il faut que la poudre reste dans son tube et n'aille pas polluer le détecteur lui-même.

b) Source d'intensité supérieure

Pour obtenir un plus grand nombre d'atome de radon on va dissoudre un minéral dans de l'acide, typiquement de l'autunite de formule chimique $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 10\text{-}12\text{H}_2\text{O}$ dans de l'acide chlorhydrique. La dissolution va " libérer " le radon et si le liquide est enfermé dans un ballon de polyéthylène mince il pourra diffuser à travers la paroi plastique . On peut ainsi fabriquer une source de radon compacte de 1000Bq ou plus qui sera ensuite utilisée pour produire des petites sources mixtes de Pb^{210} / Po^{210} d'activité entre 0.1Bq /cm² et 1.5 Bq/cm²

P.S Il y a dans la littérature d'autres sources de radon beaucoup plus élaborées, sels de radium dans des matrices poreuses d'oxyde de manganèse par exemple mais leur fabrication n'est pas simple. On peut aussi utiliser une grande quantité de minerai à grain de taille réduite. Une illustration des errances passées est la fontaine à Radon.



A collection of various mechanical components, including valves, fittings, and actuators, laid out on a white surface. The components include a large silver-colored valve with a yellow handle, a small green valve, a brass fitting, a black valve with a red handle, a brass fitting, a green valve, a brass fitting, and a green valve.

On va ensuite mettre cette source dans une enceinte fermée ou le gaz sera toujours très proche de la cible à implanter, en général une feuille de cuivre. On ferme le récipient et chaque atome de recul du radon, Po^{218} ira s'implanter dans le cuivre si l'alpha est émis dans la bonne direction. Les désintégrations alpha suivantes complèteront le tableau. On attend un temps suffisant pour que l'implant final, le Pb^{210} soit assez riche pour l'activité recherchée. Le Po^{210} sera au bout de quelques fois 138j en équilibre avec son Pb^{210} et le restera avec une diminution d'activité de moitié au bout de 22,3 ans. Ali vous a décrit en détail le processus d'implantation. On peut aussi collecter les descendants du radon avec un champ électrique avec la feuille à implanter à la cathode.

Une autre façon pour fabriquer une source de Po^{210} est d'utiliser la solution acide, de la mélanger avec H_2O dans un rapport de 1 à 5. Si on plonge une lame d'argent ($10 \times 10 \text{ mm}^2$) dans la solution et on agite en permanence, le Po^{210} se dépose naturellement sur le métal et donne une source d'activité entre 10 et 80 Bq. Cette source aura un temps de vie évidemment limité, 138 jrs, pour diminuer son activité de moitié.

3) Mesures de l'activité des sources, radon, thoron et Po^{210}

Pour le radon, nous avons utilisé essentiellement un Corentium (activité journalière et à long terme) et surtout le Calen d'Algade. C'est un appareil qui compte les éclairs lumineux avec un photomultiplicateur. Il est relié à un ordinateur de table avec différents programmes didactiques multiples.

La lumière est produite soit par un NaI pour mesurer la radioactivité ambiante, soit par une rondelle scintillante au ZnS pour mesurer une activité alpha même très faible, soit

enfin par une bouteille scintillante dans laquelle on introduit le gaz radioactif. En particulier si on met du Thoron on peut faire une démonstration « live » de la décroissance de ce gaz. Il a été longtemps utilisé dans les lycées pour enseigner la radioactivité. On peut aussi bien sûr mesurer le radon de l'air. La bouteille faisant 100cm³ il faut de l'ordre de 1h pour une

mesure utile d'activité de 10 bq /m





Bouteille scintillante autocicatrisante



Générateur de Radon

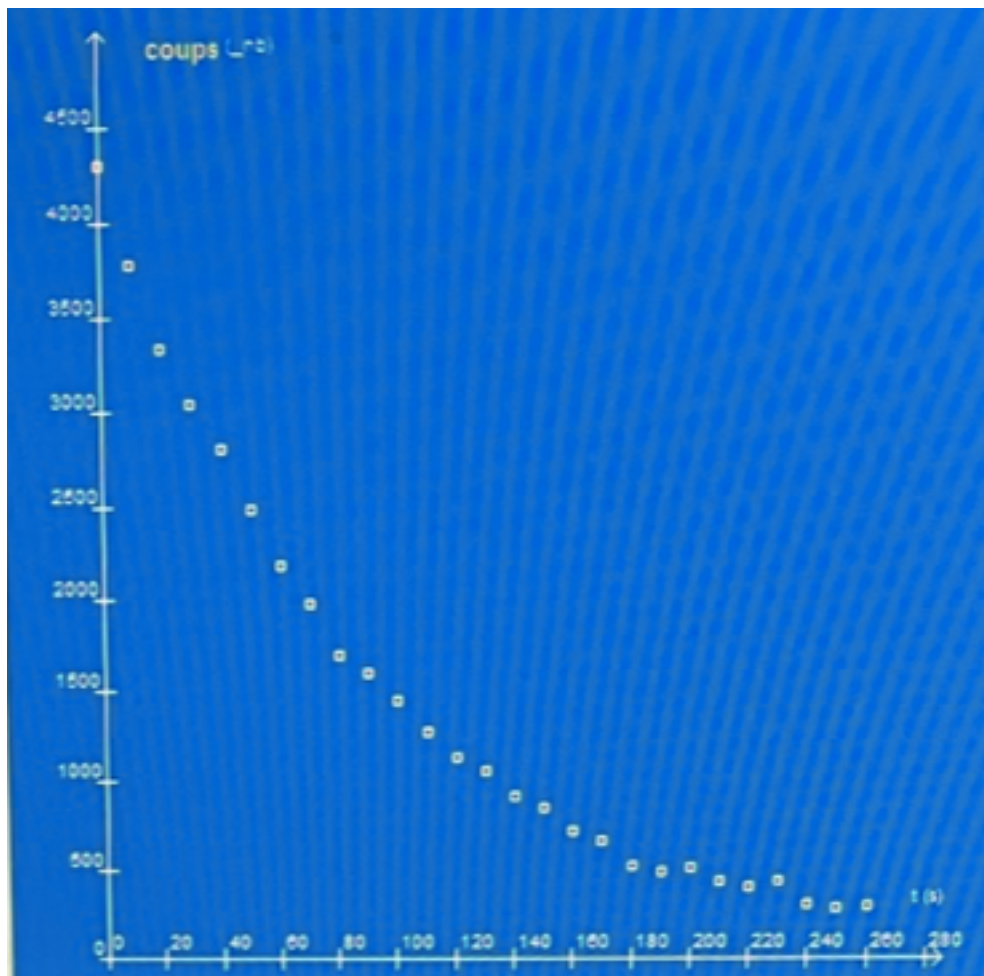
dioéléments de la famille du Thorium

Activité < 1kBq

CALADE

Contact pour tous les renseignements
Ne pas jeter

Source de Thoron. L'introduction du gaz dans la bouteille scintillante après pompage donne un comptage initial de 2000 coups en 10 s et permet de visualiser la décroissance du Thoron.



4) Applications

Les chambres à brouillard fonctionnent bien en injectant du Thoron. Il montre de superbes traces d'alpha double car 0.1sec

après la première émission, une seconde émission d'alpha se produit .On prend pour cela quelques morceaux de thorite (silicate de Th) mis dans une seringue et il suffit d'envoyer l'air de la seringue dans la chambre pour voir apparaître les doubles traces caractéristiques .

Les autres applications ont déjà été passé en revue , démonstrations scolaires , fabrication des sources utiles aux laboratoires.

Nous allons terminer ce bref rappel par la mesure assez insolite de la qualité des sources de Po^{210} à un cout compatible avec de maigres finances.

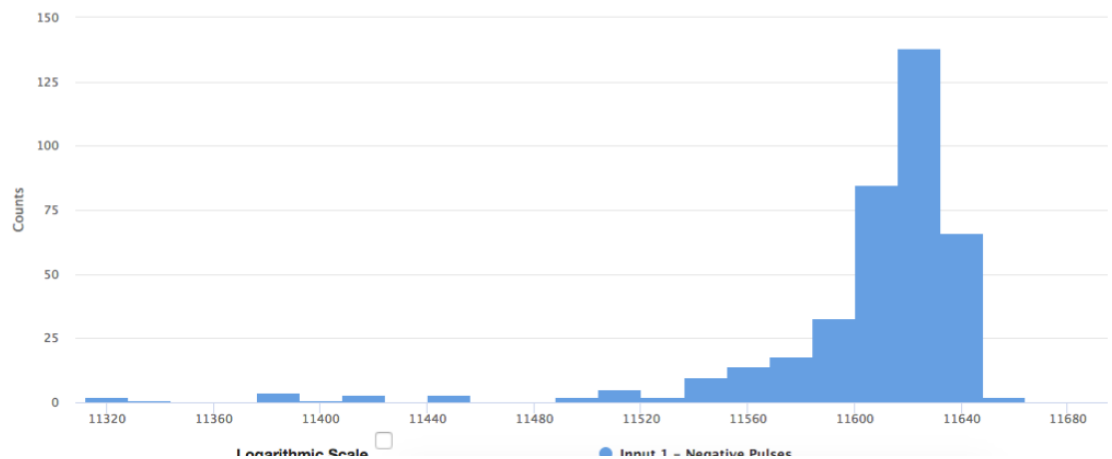
Detecteur alpha : On prend une diode PIN detectrice de lumière coutant 8€ (taille de la diode 3.6*3.6mm². On lui enlève son capot (opération un peu délicate) et elle devient un détecteur alpha de qualité. Il faut un ampli de charge (de l'ordre de 200€ minimum) et enfin le multicanal qui est une carte Redpitaya , avec programme open source ou on trouve un multicanal de Pavel Demin assez remarquable.

Voici le spectre d'une source alpha de Po^{210} réussie, avec la raie à 5,3Mev de demi largeur de 14KeV

Spectre d'une source de Po210 de 40Bq a 1cm de la diode Pin Hamamatsu (φ 3.6 mm)



Ag3 measured with a 8\$ Hamamatsu Pin diode (size 3.6*3.6mm² ,
cutting the glass window. Source and pin diode in vacuum, distance
between the source 15mm Cold Fet Amptek ,and Red Pitaya as MCA
Queens march 2019 $\Delta E_{1/2}=14\text{keV}$



Je vous remercie de votre attention