

## Fabrication d'une chambre a brouillard de Langsdorf, et détermination des danger du radium 226 par détection de particules et rayonnements ionisants

Après avoir appris que beaucoup d'antiquités contiennent du radium, j'ai été pris de passion pour l'abondance de cet élément hautement radioactif dans tant d'anciens appareils. J'ai donc voulu étudier le risque qu'ils représentaient et comment s'en protéger. Etant amateur d'électronique, j'ai voulu le faire avec une chambre a brouillard.

Le risque sanitaire des éléments radioactifs est réel. Mais le nucléaire étant primordial, il est important de développer la sureté nucléaire. Une chambre a brouillard permet de visualiser et mesurer l'activité d'une source radioactive ou d'une surface contaminée, afin de se prémunir contre le risque potentiel qui lui est lié.

### Positionnement thématique (ETAPE 1)

*PHYSIQUE (Physique Théorique), PHYSIQUE (Physique de la Matière), PHYSIQUE (Physique Ondulatoire).*

### Positionnement thématique (ETAPE 2)

*PHYSIQUE (Physique Théorique), PHYSIQUE (Physique de la Matière), PHYSIQUE (Physique Interdisciplinaire).*

### Mots-clés (ETAPE 1)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Chambre à brouillard</i>	<i>Cloud chamber</i>
<i>Détection de particules</i>	<i>Particles detection</i>
<i>Radium</i>	<i>Radium</i>
<i>Tension de surface</i>	<i>Surface tension</i>
<i>Radon</i>	<i>Radon</i>

### Mots-clés (ETAPE 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Chambre à brouillard</i>	<i>Cloud chamber</i>
<i>Radium</i>	<i>Radium</i>
<i>Pouvoir d'arret</i>	<i>Stopping power</i>
<i>particules alpha</i>	<i>alpha particles</i>
<i>Irradiation</i>	<i>Irradiation</i>

### Bibliographie commentée

La détection de particules radioactives est a la base de la radioprotection. En effet, les règles

élémentaires pour se protéger de la radioactivité sont : se tenir au plus loin de la source, le moins longtemps possible, avec le plus de blindage possible. Ces trois principes sont presque impossibles à tenir si on ne sait pas où est la source. La première détection de particules radioactives a été effectuée par Henry Becquerel grâce à une plaque photographique, en 1896. La première chambre à brouillard a été inventée par le physicien Charles Wilson en 1911, et lui a valu un prix Nobel.

Le radium 226 est un isotope extrêmement radioactif, qui a été fortement utilisé durant le 20ème siècle, principalement pour rendre les cadrants de montres luminescents. De nos jours, cette utilisation du radium est proscrite. En effet, sa demi-vie de 1600 ans rend les outils en contenant toujours radioactifs de nos jours, et sa friabilité sous forme de sulfate utilisé dans les montres lui permet de se propager sous forme de poussières. Ces dernières sont à l'origine de la majorité des contaminations chez l'Homme, car la radioactivité alpha n'est vraiment dangereuse que depuis l'intérieur de l'organisme. En effet son pouvoir de pénétration ne lui permet pas de traverser la peau morte agissant comme un bouclier, mais est suffisant pour irradier les tissus internes en cas d'ingestion ou d'inhalation de poussières. L'activité radioactive de ces poussières est faible, ce qui rend la détection de leur présence délicate avec un compteur Geiger-Muller, mais leur risque biologique reste bien réel car l'organisme élimine mal le radium, qui se fixe sur les os, et irradie les tissus vivants pendant des années, ce qui, par accumulation de dose, provoque des cancers.

C'est là que l'utilisation d'une chambre à brouillard est utile. En effet, une poussière de radium émet environ une particule alpha par seconde, et est donc confondue avec le bruit de fond par un dosimètre standard. Mais la chambre à brouillard permet de voir d'où part la particule et donc d'identifier celles qui partent bien de la poussière. De plus, il est possible de déterminer l'énergie de la particule d'après la longueur de la trace qu'elle laisse dans le brouillard [1]. Ainsi, il est possible de mesurer précisément l'activité d'une surface contaminée par des poussières de radium, pour en déduire sa dangerosité. L'énergie d'une particule alpha émise par un noyau de radium est d'environ 4.5 MeV [4], ce qui dans le brouillard, laisse une trace de quelques centimètres [3]. Lors de l'émission d'une particule alpha, le radium 226 se désintègre en radon 222 qui est gazeux, et également radioactif [4]. Cela constitue un risque supplémentaire, facilement quantifiable avec une chambre à brouillard hermétique ayant contenu du radium pendant une durée donnée. Le dernier risque lié au radium est son spectre d'émission électromagnétique. En effet, l'émission d'une particule alpha peut laisser le noyau dans un état excité, qui en retournant à son état initial, émet un rayon gamma [6]. Ce rayonnement n'est pas visible dans une chambre à brouillard, mais son interaction avec la matière [5] peut émettre, par effet photoélectrique, une particule bêta moins, visible dans le brouillard, et identifiable par sa trajectoire erratique et plus fine que les traces des particules alpha [7].

Les chambres à brouillard peuvent servir à mesurer l'activité des sources radioactives, mais de nos jours, elles sont utilisées pour analyser les rayons cosmiques galactiques, qui peuvent interférer avec la formation des nuages. C'est le but de l'expérience CLOUD [2]. Démarrée en 2006, qui réunit 18 instituts de 9 pays.

## Problématique retenue

Dans quelle mesure le radium 226 représente un danger et comment détecter et mesurer sa radioactivité, même à l'état de traces?

## Objectifs du TIPE

Le radium, même à l'état de traces, reste hautement radiotoxique. C'est pourquoi je cherche une méthode pour détecter ces micro poussières sur des surfaces contaminées pour évaluer l'activité et donc la dangerosité de ces traces. Pour cela, je dois concevoir une chambre à brouillard de Langsdorf, qui doit être transportable, réutilisable à volonté et efficace. Ensuite, je dois trouver un moyen d'analyser les résultats pour déterminer l'énergie et la quantité de particules émises par unité de temps, en fonction de la quantité de minerai radioactif analysé, et une méthode de détermination de l'efficacité des blindages de radioprotection.

## Références bibliographiques (ETAPE 1)

- [1] IVÁN ESTEBAN MUÑOZ : Detection of particles with a cloud chamber :  
[https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/17990/Detection\\_of\\_particles\\_with\\_a\\_cloud\\_chamber.pdf?sequence=2](https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/17990/Detection_of_particles_with_a_cloud_chamber.pdf?sequence=2)
- [2] J. DUPLISSY ET AL : Results from the CERN pilot CLOUD experiment Atmos :  
<https://acp.copernicus.org/articles/10/1635/2010/acp-10-1635-2010.pdf>
- [3] BERTRAND BARRE, PIERRE DULIEU : CALCUL DU POUVOIR D'ARRET ET DU PARCOURS DES PARTICULES CHARGEES DANS LA MATIERE :  
[https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/49/046/49046815.pdf](https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/49/046/49046815.pdf)
- [4] P. BÉRARD, M.L. PERRIN, E. GAILLARD-LECANU, V. CHAMBRETTE, J. BRENOT, D. ROBEAU : RADIUM 226 et ses descendants à l'équilibre : <https://www.irsn.fr/EN/Research/publications-documentation/radionuclides-sheets/Documents/RA226SAN.pdf>
- [5] G. SATTONNAY : Impact des rayonnements ionisants sur les matériaux :  
[http://rtvide.cnrs.fr/IMG/pdf/3\\_Impact\\_des\\_rayonnements\\_ionisants\\_sur\\_les\\_materiaux.pdf](http://rtvide.cnrs.fr/IMG/pdf/3_Impact_des_rayonnements_ionisants_sur_les_materiaux.pdf)
- [6] E. STAHEL, W. JOHNER : Le rayonnement Gamma du radium. Nombre de quanta émis. Absorption interne : <https://hal.archives-ouvertes.fr/jpa-00233213/document>
- [7] ELENA NOUR GRÉGORY QUINCHARD PAUL SOUDON : Chambre à brouillard :  
[http://gregory.quinchard.free.fr/rapport\\_chambre.pdf](http://gregory.quinchard.free.fr/rapport_chambre.pdf)

## DOT

- [1] Début septembre 2021: Choix de mon sujet après la lecture d'un article sur les Radium Girls
- [2] Fin septembre 2021: Modélisation des systèmes de refroidissement sur Python

- [3] *Novembre 2021: Fin de la fabrication du premier prototype de chambre à brouillard atteignant  $-40^{\circ}\text{C}$*
- [4] *Décembre 2021 : Fin de la fabrication de la chambre à brouillard finale atteignant  $-51^{\circ}\text{C}$  et acquisition de la source au radium*
- [5] *Début février 2022 : Compréhension de la formule de Bethe et implémentation des fonctions d'énergie en Python*
- [6] *Fin février: Rencontre avec Olivier HEINZ, enseignant chercheur en chimie des matériaux, pour la spectrométrie de masse*
- [7] *Fin mars 2022: Fin de toutes les expériences*
- [8] *Fin mai 2022: Interprétation des résultats*