

Deux activités à mener en classe autour de la radioactivité

Le choix que vous ferez peut-être entre ces deux activités dépendra très certainement du matériel dont vous disposez. En effet, la première expérience nécessite l'usage d'un détecteur compteur Geiger. Vous remarquerez cependant qu'aucune des propositions suivantes ne fait appel à des sources radioactives dont l'usage et la multiplication restent délicats.

1. La radioactivité dans la maison et le radon.

Objectifs : insister sur le fait que la radioactivité est aussi un phénomène naturel. Mettre en évidence la radioactivité naturelle liée au radon, dans nos habitations. Informer sur la nécessité de ventiler les logements. Mesurer une demi-vie.

Prérequis : cette activité vient en illustration d'un cours complet sur la radioactivité. Les unités de mesure courantes ainsi que les types de radioactivité sont supposés connus. Notions de base en électrostatique.

Souvent la radioactivité fait peur. Elle est justement associée au nucléaire qui n'a pas toujours bonne presse et, de façon générale, elle est considérée comme un produit de l'activité humaine dans toute son artificialité. Les phénomènes radioactifs furent découverts en France, à la fin du 19^{ème} siècle, par Henri Becquerel et les époux Curie (Pierre et Marie) à partir de minerais parfaitement naturels.

Les noyaux des atomes (taille de l'atome : 10^{-10} m ; taille du noyau : 10^{-14} m) ne sont pas toujours stables ce qui signifie qu'ils sont parfois susceptibles d'exploser spontanément en donnant naissance à des noyaux plus petits et à des jets de particules ou de lumière très énergétiques. Ce sont ces éjections que l'on nomme radioactivité. Il existe donc une radioactivité naturelle à laquelle nous sommes constamment exposés et ce depuis la nuit des temps.

Parmi les matériaux naturellement radioactifs, les plus connus sont certainement l'uranium et le radium qui existent en faible proportion dans le sol et dans les matériaux de construction. Leur désintégration fait apparaître des noyaux fils, notamment du radon (Rn). Le radon est lui-même radioactif (α et donc peu pénétrant) et sa particularité est d'exister à l'état gazeux à température ordinaire. Notre respiration nous le fait inhaler.

A dose usuelle, la radioactivité du radon ne pose pas de problème particulier toutefois celle-ci peut se révéler dangereuse dans des atmosphères insuffisamment ventilées dans lesquelles la concentration en radon est trop élevée. Les habitations à forte isolation thermique (châssis double vitrage) et installées dans les régions au sous-sol rocheux sont donc particulièrement concernées.

En Belgique, la radioactivité moyenne due au radon dans les habitations est 53 Bq/m^3 (en Wallonie : 70 Bq/m^3 et en Flandre : 35 Bq/m^3). On estime généralement qu'entre 150 et 600 Bq/m^3 , il faut agir ! (Le Bq = becquerel = une désintégration par seconde).

On a pu estimer dernièrement qu'environ 20 000 décès par cancer du poumon par an dans la Communauté Européenne étaient dus au radon (soit 9% du nombre total des cancers du poumon).

La demi-vie du ^{222}Rn est de 3,8 jours après quoi il laisse place au ^{218}Po (demi-vie : 3,05 min) puis au ^{214}Pb (émetteur β^- ; demi-vie 26,8 min) et au ^{214}Bi (émetteur β^- ; demi-vie 19,7 min) avant de se désintégrer en ^{214}Po (demi-vie 164 μs) et finalement en ^{210}Pb (demi-vie 22,3 ans).

Matériel nécessaire :

- Un compteur Geiger (la mesure des α n'est pas nécessaire).
- Un chronomètre.
- Des ballons gonflables en plastique (du type fête d'anniversaire).
- Un chiffon en laine ou en soie.
- Un peu de ficelle.

Expérience :

45 minutes avant de faire l'expérience, gonflez un ballon à son volume maximum (quelques litres), fermez-le par un nœud et attachez-le à une ficelle pendant au plafond dans un coin tranquille de la pièce (pas trop de passage, ni de courants d'air) où vous ferez l'expérience.

Ensuite, frottez toute la surface du ballon, très consciencieusement, avec le chiffon en laine pendant environ 1 minute. Quand c'est fait, approchez la main du ballon et vérifiez qu'il est bien attiré par votre main ce qui prouve qu'il est suffisamment chargé électriquement.

Au moment de faire l'expérience, allumez le compteur et faites remarquer que la radioactivité ambiante est très faible (en général, moins d'un coup par seconde). On peut également vérifier que la radioactivité d'un ballon identique à celui qu'on va utiliser est pratiquement nulle.

Détachez alors le ballon qui a été chargé électriquement, dégonflez-le et approchez-le de la sonde du compteur Geiger. Celui-ci devrait crépiter de façon assez inquiétante ! L'activité radioactive mesurée peut aller jusqu'à 2000 coups/minute.

Vous pouvez alors mesurer l'activité moyenne du ballon toutes les 5 minutes et tenter de déterminer la demi-vie du cocktail radioactif présent à la surface du ballon. Cette demi-vie est environ 50 minutes.

Principe / explication : les noyaux fils du radon ne forment pas de substances à l'état gazeux ; celles-ci se déposent donc sur le sol, les murs et aussi sur toutes les particules en suspension dans l'air (aérosols). Comme ces produits sont eux-mêmes radioactifs (β^- pour les plus stables), ils éjectent des électrons en laissant les aérosols chargés positivement. Comme le ballon est fortement chargé négativement (la laine est placée très haut dans la liste triboélectrique), il attire à lui tous ces aérosols. Plus la surface du ballon est importante, plus la concentration de la radioactivité sera grande quand on le dégonflera.

Le système est si efficace qu'on peut ainsi pratiquement vider une pièce d'habitation de sa radioactivité.

Remarques : les résultats dépendent bien entendu de l'humidité de l'air qui fixe la durée de rémanence de la charge électrique sur le ballon. Les taux de radioactivité locaux sont également très variables.

2. Simulation d'une décroissance de l'activité radioactive.

Objectifs : faire comprendre comment la décroissance exponentielle est liée à un phénomène aléatoire. Détermination d'une demi-vie. Tracé et linéarisation d'un graphique.

Prérequis : cette activité vient en complément ou en exercice d'un cours complet sur la radioactivité. Les unités de mesure courantes, les grandeurs caractéristiques et la forme de la décroissance radioactive sont supposées connues.

Matériel nécessaire :

- Des verres cylindriques à section constante.
- De la bière.
- Une règle graduée.
- Un chronomètre.

Expérience :

Secouez légèrement la bouteille de bière avant de la verser dans le verre cylindrique de façon à y former un col de mousse d'une grande épaisseur. Mesurer immédiatement la hauteur du col de mousse et enclencher le chronomètre.

Reprenez la mesure de la hauteur du col de mousse toutes les 5 secondes.

Continuez vos mesures jusqu'à ce que la mousse ait pratiquement disparu.

Tracez alors un graphique donnant l'évolution de la hauteur du col en fonction du temps.

Déterminer la période de demi-vie du col de mousse.

Quelques questions pour vous aider :

Quelle est l'allure de ce graphique ? Comment le vérifier ?

Quel autre graphique pouvez-vous tracer qui vous permette de vérifier qu'il s'agit d'une décroissance exponentielle ?

De quels facteurs dépend cette période ?

Principe / explication : vu le très grand nombre de bulles formant la mousse à la surface de la bière, leur éclatement est, à notre niveau, strictement aléatoire. La diminution consécutive de la hauteur du col de mousse suit ainsi naturellement une loi de décroissance radioactive puisque le nombre de bulles qui éclatent est proportionnel au nombre de bulles qui restent.

Remarque : boire le liquide qui a servi à l'expérience n'est pas recommandé.