

Expériences nucléaires en classe

Atelier pratique sur les rayonnements ionisants (Jeremy Whitlock¹)

Atelier

Un atelier pratique pour démontrer les propriétés et les applications des rayonnements ionisants. Les participants effectueront des expériences simples avec des sources et des appareils de rayonnement et pour observer :

1. La trace laissée par des rayonnements alpha, beta et gamma dans une chambre de Wilson
2. L'atténuation des rayonnements alpha, beta et gamma par différents matériaux
3. La demie-vie du radio-nucléide ^{137}Ba
4. L'utilisation des rayonnements alpha dans les détecteurs de fumée
5. Les détecteurs de rayonnement

Équipement

1. Chambre de Wilson, glace sèche, alcool, lampe de poche, sources échantillons de roche
2. Sources de rayonnement ($^{90}\text{Sr} - \beta$ et $^{137}\text{Cs} - \gamma$), compteur Geiger, absorbeurs
3. Générateur d'isotopes ^{137}Ba , compteurs Geiger, moniteur pour enregistrer les graphiques ou un PC
4. Des détecteurs de fumée, des simulateurs de fumée
5. Des détecteurs à bulles, des spectromètres gamma, des dosimètres d'alarme

Objectif de l'atelier

Exercices pratiques pour démontrer les propriétés des rayonnements ionisants, leurs applications et les mesures de protection contre ces rayonnements. Ceci devrait fournir une expérience et des ressources à des professeurs enseignant le programme Science et technologie de l'énergie nucléaire. Une partie du matériel utilisé dans cet atelier vient du Centre de ressources créé par le comité d'éducation et de communication de la SNC pour appuyer les professeurs pour qu'ils obtiennent du matériel pour le programme Science et technologie de l'énergie nucléaire.

Les rayonnement ionisants

Les rayonnements peuvent être de deux catégories. Les rayonnements non-ionisants provoquent peu ou pas de changement à l'intérieur des atomes de la matière qu'ils rencontrent. Par exemple, un rayon de laser CO_2 peut couper un feuille d'acier, mais il

n'induirait pas de radioactivité dans l'acier. Les rayonnements ionisants provoquent des changements, soit par des collisions avec les électrons de l'atome, soit par des réactions nucléaires. Les rayonnements ionisants sont produits par des désintégrations de radio-nucléides instables, ou peuvent être produits par des réactions nucléaires. Les rayonnements ionisants peuvent être soit des particules, soit des ondes électromagnétiques de haute énergie. Par contre, les particules et les ondes de même énergie se comportent différemment.

Les particules alpha

Les particules alpha (symbole : α) sont formées de deux neutrons et de deux protons, et sont équivalentes aux noyaux des atomes d'hélium. Les particules alpha ont une charge électrique positive et sont émises par de nombreuses substances radioactives telles que le radium, l'uranium, le thorium et l'americium-241. Au niveau de la mer, les particules alpha émises par de telles sources ne parcourent qu'environ 10 cm dans l'air. Elles sont également arrêtées par une feuille de papier et par la couche externe de la peau humaine.

Les particules beta

Les particules beta (symbole : β) sont des électrons énergétiques émis par plusieurs substances radioactives telles que le strontium-90. Les particules beta traversent facilement l'air et peuvent endommager des tissus vivants si elles sont en quantité suffisante. Elles peuvent être arrêtées par une feuille d'aluminium.

Les rayons X et les rayons gamma

Les rayons X sont des photons énergétiques sans charge électrique ni masse, qui voyagent à la vitesse de la lumière. Les rayons X vont des types « doux », ou à grande longueur d'onde, qui sont utilisés pour les radiographies médicales, aux types « durs », ou à courte longueur d'onde, qui peuvent traverser le métal et sont souvent utilisés pour l'inspection d'objets à revêtement métallique. Les rayons gamma (symbole : γ) sont des photons très énergétiques sans charge électrique ni masse qui voyagent à la vitesse de la lumière. Les rayons gamma sont émis par plusieurs substances radioactives (telles que Cs-137, Co-60) et traversent facilement la matière. Ils sont facilement arrêtés par des matériaux denses comme le plomb, mais l'eau et le ciment sont aussi utilisés.

Le spectre électromagnétique

Les longueurs d'onde des rayonnements en Angstroms

Radio – infrarouge – lumière visible – ultra-violet – rayons X – rayons gamma – rayons cosmiques

Énergie des photons en MeV

1^{er} exercice : Traînés de α , β , γ dans une chambre de Wilson

Principe :

Les éléments radioactifs subissent continuellement un processus de désintégration radioactive pendant lequel leur noyau émet des particules à haute vitesse et des photons. Ceux-ci sont beaucoup trop petits pour être vus au microscope. La chambre de Wilson est un instrument conçu pour les traînés de ces émissions radioactives, de la même façon qu'un avion peut être identifié par sa traînée de condensation dans le ciel, même si l'avion lui-même peut ne pas être tellement visible. Dans une chambre de Wilson, l'air doit être sursaturé en vapeur d'alcool. Lorsque la particule de haute énergie se déplace au travers de l'air, des électrons sont éjectés des atomes qui deviennent des ions. Les ions sont de très bons points de départ pour la condensation. La condensation doit toutefois être stimulée en refroidissant l'air. La vapeur d'eau ou d'alcool condense sur les ions, laissant une traînée de vapeur qui révèle clairement le trajet des rayonnements.

Procédure :

Imbibez avec de l'alcool la bande de feutre située à l'intérieur de la chambre de Wilson. Placez rapidement la source radioactive (minerai d'uranium) au fond de la chambre et fermez la chambre. Déposez de la glace sèche dans une assiette de papier et placez la chambre de Wilson par-dessus. Attendez que l'air devienne saturé. Vous verrez beaucoup mieux si les lumières sont éteintes et que la chambre est éclairée par-dessus à angle vers sa surface arrière.

Ce que vous allez voir :

La traînée formée par les rayonnements apparaissent comme des lignes blanches dans le nuage. Vous pourriez observer trois types de traînée :

- a) La plupart des traînés seront longues d'environ un demi-pouce et bien marquées et denses. Elles sont produites par les rayonnements alpha.
- b) De temps en temps vous pourrez voir des traînés plus minces et plus longues. Elles sont produites par les rayonnements beta.
- c) Occasionnellement, vous pourrez observer des traînés courbées, en spirale, qui sont si faibles qu'elles sont difficiles à voir. Elles sont produites par les rayonnements gamma.

Après un certain temps, les traînés deviendront moins visibles, parce que les rayonnements auront ionisés beaucoup d'atomes à l'intérieur de la chambre. À ce moment, frottez avec vivacité le dessus du bocal avec un chiffon de coton ou de soie. L'électricité statique ainsi produite nettoiera la chambre et permettra de voir à nouveau les traînés produites par les rayonnements.

2^e exercice : Atténuation des rayonnements α , β , et γ

Interaction des rayonnements avec la matière

Particule chargée :

Le rayonnement de particules chargées (électrons, protons, alphas et ions lourds), à cause de la charge électrique portée par la particule, interagit continuellement via la force de Coulomb avec les électrons et les noyaux présent dans tout matériau qu'il traverse. L'énergie qui est transférée aux électrons ou aux ions doit venir de l'énergie cinétique des particules chargées et leur vitesse décroît à cause de cette interaction. Cette perte d'énergie est exprimée en terme de puissance linéaire d'arrêt S qui est définie comme le différentiel de la perte d'énergie dans le matériau divisée par le différentiel de longueur correspondant : $S = -dE/dx$.

Énergie spécifique perdue le long du trajet d'une particule alpha

La portée d'une particule chargée

La portée d'une particule chargée est la distance que la particule va parcourir à l'intérieur d'un matériau. Elle est inversement proportionnelle à la puissance linéaire d'arrêt. La portée d'une particule chargée peut être calculée directement en intégrant la puissance linéaire d'arrêt :

$$R = \int_0^{E_0} \frac{dE}{S(E)}$$

Une expérience de transmission de particules alpha. I est le nombre de particules alpha détectées après leur passage au travers d'un absorbeur d'épaisseur t . I_0 est le nombre de particules détectées sans absorbeur. La distance moyenne R_m et la distance extrapolée R_e sont indiquées.

À cause de la valeur élevée de S , la portée des particules chargées, telle que les particules alpha, est très petite.

Rayonnements gamma

Les rayonnements sans charge électrique (rayonnements gamma, neutrons) ne sont pas sujets à la force de Coulomb. Ils doivent d'abord subir une interaction « catastrophique », qui altère radicalement les propriétés du rayonnement incident. Si l'interaction n'a pas lieu dans le matériau intercepteur, le rayonnement sans charge électrique traversera complètement le matériau. Puisque le nombre de photons ou de particules sans charge électrique éliminées du rayonnement après une épaisseur x de l'absorbeur est directement proportionnel à l'intensité du rayonnement à cette épaisseur $I(x)$, au nombre d'atomes du matériau par centimètre cube n et à l'épaisseur différentielle du matériau traversé dx , le changement dans l'intensité du rayonnement

peut être exprimé en terme de section efficace σ et d'intensité du rayonnement incident comme suit :

$$dI(x) = -I(x) n \sigma dx$$

$$I(x) = I_0 e^{-n\sigma x}$$

Coude de transmission exponentielle du rayonnement gamma mesurée dans des conditions de « bonne géométrie ».

3^e exercice : La demi-vie du radio-nucléide ¹³⁷Ba

La décroissance d'un nucléide radioactif :

La décroissance d'un radio-nucléide est un processus qui obéit aux lois du hasard. Soit λ (constante de décroissance) la probabilité qu'un nucléide particulier donné se désintègre en une unité de temps. Alors, le nombre total de désintégrations par unité de temps (plus petite que $1/\lambda$), sera $N\lambda$. Le taux de diminution sera, (parce que N décroît, nous introduisons un signe négatif) :

$$\frac{dN}{dt} = -N\lambda$$

ce qui amène,

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

ou

$$N = N_0 e^{-t/\tau}$$

Definition des paramètres de la fonction exponentielle d'une décroissance radioactive

et l'activité au temps t est réduite par $e^{-\lambda t}$. La demi-vie est définie comme la durée pendant laquelle l'activité a diminué d'un facteur 2 par rapport à sa valeur initiale. Donc la demi-vie, $T_{1/2} = 0.693/\lambda$.

Le radio-nucléide ¹³⁷Ba

Ce radio-nucléide à demi-vie de 2.55 minutes est formé par la décroissance beta du radio-nucléide ¹³⁷Cs à demi-vie de 30 ans. Le Ba peut être séparé proprement du Cs par un processus chimique utilisant des colonnes d'échange d'ions à peu de frais. Le rayonnement gamma à 661 keV du ¹³⁷Ba est facilement détecté par un compteur Geiger.

Procédure :

Préparez une source de ¹³⁷Ba en faisant traverser la solution d'EDTA par l'Isogenerator^{MD}. Comptez l'activité du rayonnement gamma en fonction du temps grâce au compteur Geiger et à l'appareil enregistreur de graphiques ou avec l'équipement RD-60/PC IBM. Déterminez la demi-vie en calculant la durée pendant laquelle l'activité a diminué de moitié.

De l'hôpital à la salle de classe

Les générateurs de radio-isotopes sont utilisés depuis longtemps de façon routinière en médecine pour des diagnostics. Maintenant, l'Isogenerator^{MD} est disponible pour

utilisation en classe, pour enseigner les principes fondamentaux de la détection des radiations, de la décroissance radioactive et d'autres principes de base similaires. Les isogénérateurs sont des générateurs miniaturisés de radio-isotopes qui fournissent instantanément des nucléides à demi-vie courte pour des expériences scolaires.

Chaque isogénérateur contient un radio-nucléide à longue demi-vie (^{137}Cs) qui décroît en un radio-nucléide à courte demi-vie (^{137}Ba). Le nucléide de départ, ou « parent », est fixé de façon permanente à l'intérieur de l'isogénérateur. En faisant passer une solution (EDTA) au travers du parent, la « fille » à demi-vie courte est enlevée de façon sélective. Les isogénérateurs peuvent être utilisés de nombreuses fois durant l'année scolaire. Chaque isogénérateur émet une activité suffisamment faible qu'aucun permis d'état ou fédéral n'est requis.

Exercice 4 : Les applications des rayonnements ionisants (détecteur de fumée)

Les applications des rayonnements ionisants

Les substances radioactives sont utilisées couramment dans plusieurs applications industrielles et médicales. Par exemple : **à la maison** : dans les détecteurs de fumée; **hôpitaux et laboratoires médicaux** : pour diagnostiquer et traiter des maladies, pour stériliser; **au bureau** : pour éliminer l'électricité statique dans les photocopieuses; **usines de fabrication** : pour la calibration et l'examen des produits, traitement par radiation, traitement de peinture, revêtements de poêles non collantes, liaisons croisées de polymères; **usine de traitement** : mesurer le niveau de liquide dans des contenants, irradiation des aliments pour leur préservation; **laboratoire de police** : détection de crimes, formation à la défense civile; **usine de traitement d'eau des villes et grosses compagnies pétrolières** : détecter les fuites ou mesurer le débit; **centrales nucléaires** : produire de l'électricité; **compagnies de construction routière** : mesurer la densité et l'humidité des sols pour la construction de routes; **aéroports** : détection d'explosifs; **laboratoires universitaires ou autres** : faire de la recherche et dater des pièces archéologiques.

Détecteur de fumée

Deux types de détecteur de fumée sont d'ordinaire disponibles dans le marché. Un type de détecteur utilise un rayon de lumière passant au travers d'une chambre pour détecter la présence de fumée atténuant la lumière. L'autre type de détecteur utilise une source de rayonnement alpha pour détecter la présence de fumée dans la chambre. Ce type de détecteur est beaucoup plus sensible et moins dispendieux.

Fumée

La dispersion de minuscules particules solides ou liquides dans un médium gazeux est ce qu'on appelle de la fumée. La taille des particules varie de 0.01 à 5.0 microns. Les particules dispersées typiques sont de la fumée qui provient de la combustion incomplète de matière organique telle que du tabac, du bois et du charbon; de la suie et du noir de charbon; d'un nuage de vapeur d'huile; des émanations chimiques telles que du trioxyde de soufre (SO_3) et du pentoxyde de phosphore (P_2O_5); du chlorure d'ammoniac (NH_4Cl), et des oxydes métalliques; et les produits de l'hydrolyse de chlorures métalliques par de l'air humide. Les nuages de vapeur d'huile et de P_2O_5 (formé en brûlant du phosphore dans une atmosphère d'air humide) ont été beaucoup utilisés lors d'opérations militaires pour produire des écrans de fumée.

Détection de la fumée :

Les rayonnements d'une source radioactive (source alpha d'americium) ionisent les atomes dans l'air de la chambre de détection, leur donnant ainsi des charges électriques positives et négatives. Les atomes chargés (ions) créent un courant électrique entre les

électrodes chargées. Les particules de fumée entrant dans la chambre de détection, attirent les ions et réduisent le courant. Ce changement de courant déclenche l'alarme.

Exercice :

Tester la sensibilité d'un détecteur de fumée à différentes sortes de brouillard et de fumée.

Exercice 5 : Détecteurs de rayonnements

Protection contre les rayonnements :

Même si aucune preuve n'existe d'effet sur la santé des « faibles rayonnements » (i.e. sous les niveaux qui sont quelques centaines de fois plus élevés que l'exposition au rayonnement naturel), un principe accepté de la médecine, d'un point de vue conservateur sécuritaire, est de supposer que tout rayonnement produit certains dommages biologiques. Les règlements qui gouvernent la manutention de sources radioactives et les établissements industriels exigent que chaque détenteur de permis démontre que les doses reçues par les travailleurs et le public en conséquence de leurs opérations soient « aussi petites que raisonnablement réalisables » (le principe ALARA, en anglais : as low as reasonably achievable). Les doses aux individus doivent donc être gardées aussi petites que possibles. Des limites de doses plus petites augmentent le besoin de s'assurer que la valeur affichée par le détecteur de rayonnement est fiable. Des mesures fiables des doses dans différentes circonstances d'opération sont importantes et il y a un développement continu dans les améliorations aux dosimètres.

Détecteurs de rayonnements :

Un détecteur de rayonnements est un instrument qui détermine le niveau présent de rayonnements, et dans certains cas, convertit ce niveau en dose biologique reçue. Le détecteur est plus précisément appelé un dosimètre dans ce dernier cas. La mesure provient d'une réaction induite que subit le rayonnement à l'intérieur du détecteur; l'effet peut être de nature biologique, chimique ou nucléaire. Les applications des rayonnements dans diverses disciplines demandent des détecteurs opérationnels sur une large gamme d'intensité de rayonnement et de conditions d'opération. Les instruments du type des spectromètres à haute résolution peuvent déterminer la dose et aussi identifier le type de rayonnement. Voici quelques exemples de détecteurs modernes utilisés pour la protection contre les rayonnements : **compteurs Geiger en forme de tube, chambres ionisantes, spectromètres à scintillation, CR-39, détecteurs à bulles.**

Matériel nécessaire pour l'atelier sur l'ionisation

Chambres de Wilson :

Contenants de plastiques (couvercle R DT-15C transparent, boîte R DT-15B transparent) provenant de la compagnie Durphy Packaging, 47 Richard Road, Ivyland PA 18974. Téléphone (215) 674-1260, télécopieur (215) 674-3051. Fond peinturé en noir et feutre collé à l'intérieur de la bordure supérieure. Chambre de Wilson complète avec source (Cat #. S52008 prix 39.05) disponible chez Fischer Scientific, 112 Colonnade Road, Nepean, ON, K2E 7L6. Téléphone (613) 228-0542, 1-800-267-3556; télécopieur (613) 226-1658.

Échantillons de roches d'uranium chez Sargent Welch (1-800-727-4368, 2.40 \$ par échantillon), ou chez Minerals Unlimited, P.O. Box 877, Ridgecrest, California USA 93556-0877. Téléphone (619) 375-5279 (environ 10 \$ US pour un sac plein de minerai de roches).

Compteurs Geiger α , β , γ branchés sur ordinateur PC

La compagnie Aware Electronics fabrique des compteurs Geiger qui se branchent dans un port de communication RS232 d'un ordinateur compatible IBM, et devient ainsi un système de comptage complet. Le logiciel inclus avec l'équipement rassemble les données de rayonnement du détecteur, store ces données sur un disque et permet à l'utilisateur de les afficher sous forme graphique à l'écran. Les prix (en \$ US) pour l'équipement complet avec le logiciel de prise de données et d'analyse, les câbles d'assemblage, la documentation, les exercices :

RM-60 : 149.50 \$, RM-70 : 240.00 \$, RM-80 : 319.00 \$

AWARE Electronics corporation, P.O. Box 4299, Wilmington, DE, USA 19807

Téléphone/télécopieur : (302) 655-3800. Internet : <http://www.aw-el.com>

courriel : aware@aw-el.com

Générateur de source ^{137}Ba :

Achat de générateur chez PASCO. Téléphone : 1-800-772-8700

Solution pour extraire ^{137}Ba du générateur : éthylène diamine tétra acétique (EDTA)

Formule chimique de l'EDTA ($\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{N}_2\text{O}_8$), composition (0.1 M, pH 9)

Pour créer une solution d'EDTA :

Sel de tétra sodium ($\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{N}_2\text{Na}_4\text{O}_8$) 10.4 g

Eau pure (H_2O) 250 mL

Dissoudre le sel dans l'eau. Le pH de cette solution sera d'environ 11. Il est très important d'amener ce pH à 9. Pour faire cela, ajouter quelques gouttes d'acide nitrique à haute concentration. Mesurer le pH.

Pour des vidéos ou de l'équipement pour des projets scolaires, veuillez contacter :

Dr. Aslam Lone

Adresse : P.O. Box 1413, Deep River, ON, Canada, K0J 1P0

Téléphone, bureau : (613) 584-8811 poste 4007, télécopieur : (613) 584-1849

domicile : (613) 584-9212

courriel : lonea@aecl.ca

page d'accueil du site de la SNC : <http://www.cns-snc.ca>

Instructions pour l'utilisation de l'équipement

A. Iso-générateur de radio-nucléide Ba

Préparer le générateur

1. Installez un robinet d'arrêt sur l'iso-générateur (le bout du robinet entre dans le petit tube du générateur)
2. Montez l'iso-générateur sur le support de laboratoire avec les pinces qui sont fournies
3. Identifiez la fin de la colonne d'échange d'ions (raison - petite portion sombre sur le bas du générateur)
4. Le générateur est entreposé plein d'eau dé-ionisée pour que la raison ne s'assèche pas.
5. Drainez l'eau du générateur en ouvrant le robinet mais garder la raison à l'intérieur
6. Amenez le Ba dans une petite bouteille de plastique placée sous le générateur en faisant passer la solution d'EDTA au travers de la colonne (environ 1 mL à la fois). Vous pouvez extraire du Ba à son activité maximale à des intervalles de 10 minutes. Le Ba a une demi-vie d'environ 2.5 min; vous pouvez donc jeter à l'évier la solution de Ba après 10 minutes.
7. Lorsque vous avez terminé, drainer la colonne avec de l'eau dé-ionisée. Nettoyez ainsi deux fois pour enlever toute trace d'EDTA. Puis remplissez l'iso-générateur avec de l'eau dé-ionisée pour entreposage.

Compter les rayonnements gamma à 661 keV avec compteur Geiger, voir section D

8. Placez le Ba dans un petit tube en face du compteur Geiger branché à un PC (section D) (gardez le PC à l'écart du générateur pour réduire le niveau ambiant de rayonnements)
9. Comptez les rayonnements sur une base de 10 secondes.
10. Comptez le nombre de barres (intervalles de 10 secondes) qui sépare des comptages qui diffèrent d' $1/2$. Obtenez la demi-vie en multipliant le nombre de barres par 10. Vous pouvez partir de n'importe quelle barre et compter jusqu'à ce qu'une barre qui a la moitié du comptage (si nous avons tracé le nombre d'événements avec un logiciel de traçage sur disque, nous aurions pu montrer une ligne droite sur un graphique semi-log et évaluer la demi-vie de la pente de la courbe).

B. Chambres de Wilson

1. Déposez environ une tasse de glace concassée sur la plaque en styro-mousse.
2. Déposez quelques gouttes d'alcool méthylique (de l'alcool éthylique convient également) sur le feutre à l'intérieur de la chambre de Wilson (ne pas inonder le feutre). Mettez l'alcool dans une bouteille de plastique à goulot étroit et déposez une fine ligne d'alcool le long de la bande de feutre.
3. Frottez le feutre avec le doigt pour y répandre l'alcool.
4. Déposez un échantillon de roche ou d'uranium métallique dans la chambre.

5. Fermez le couvercle.
6. Mettez la chambre sur de la glace sèche.
7. Frottez le dessus de la chambre avec la paume de la main pour créer une différence de température entre le dessus et le fond de la chambre.
8. Éclairez la chambre par le côté et regardez vers le bas par-dessus la chambre, ou bien éclairez la chambre à angle et regardez le fond noir de la chambre par le dessus.
9. Vous devriez voir des trajets de rayonnements semblables aux aurores boréales.
10. Les larges traînées claires sont celles des particules alpha.
11. Les petites traînées courbes sont celles des électrons ou de faibles rayonnements gamma.
12. Quelques traînées semblent dériver comme la vapeur blanche derrière un avion à haute altitude.
13. La baisse éventuelle de la différence de température réduira la formation des traînées. En frottant à nouveau le dessus de la chambre, les traînées se reformeront. (Ceci est aussi peut-être causé par d'autres phénomènes comme l'accumulation d'ions positifs ?)
14. Après utilisation, veuillez sécher l'échantillon de roche pour l'entreposage.

C. Détecteurs de fumée

1. Assurez-vous que la pile est bien placée dans le détecteur. La source d'americium se trouve dans la chambre d'ionisation (cage carrée avec des parois perforées).
2. Produisez de la fumée en brûlant un bâton enduit d'insecticide.
3. Placez le détecteur de fumée face vers le bas.
4. Placez le bâton fumigène sous le détecteur de fumée.
5. (Vous pouvez montrer que l'alarme du détecteur de fumée démarre si il est soumis à de la fumée artificielle ou à de l'air humide).
6. Le deuxième détecteur utilise le 110 volt. Branchez l'extrémité de la fiche AC avec le détecteur et l'autre extrémité à la sortie AC.

D. Compteur Geiger et moniteur de rayonnements portatif

1. Le moniteur possède sa propre source d'énergie et peut être utilisé comme appareil d'étalonnage.
2. Le compteur Geiger RM80 peut être utilisé accompagné d'un appareil d'étalonnage.
3. Pour l'utiliser avec un appareil d'étalonnage, branchez l'extrémité à prise de téléphone du câble du RM80 (il pourrait être déjà branché dans une prise à 9 broches – débranchez-le de là) à l'appareil d'étalonnage.
4. Placez les trois boutons de l'appareil d'étalonnage, un des boutons sert à mesurer le taux, le deuxième à l'étalonnage et le dernier pour la mise en marche de l'appareil.
5. Pour utiliser le RM80 avec un ordinateur PC, suivez les instructions suivantes.

Utilisation du compteur Geiger avec un PC

Téléchargement du programme

1. Créez un répertoire que vous nommerez « Aware » sur le disque dur de votre PC portatif.
2. Copiez le fichier *Aw-srad.exe* à partir du disque 3½" fourni sur le répertoire « Aware » (vous pouvez aussi copier l'ensemble du répertoire Aware du disque 3½" sur le répertoire Aware du disque dur de votre PC).

Branchement du compteur Geiger à l'ordinateur.

3. Éteignez l'ordinateur.
4. Branchez le compteur sur la prise de sortie RS232 à 9 ou 25 broches à l'arrière de l'ordinateur (utilisez l'adaptateur à 9 ou 25 broches pour connecteur téléphonique situé au bout du câble du compteur).
5. Allumez l'ordinateur.

Exécution du programme

6. Exécutez le programme *Aw-srad.exe*
7. Une barre d'outils avec mots-clés s'affichera à l'écran de votre ordinateur.

Ajustement des paramètres du logiciel

8. (Vous pouvez toujours retourner au pas précédent en appuyant la touche *Échap* (*Esc* sur les claviers anglais)).
9. Appuyez *S* sur votre clavier ou cliquez sur *setup* avec votre souris.
10. Appuyez *I* sur votre clavier ou cliquez sur *Input* dans le menu déroulant

Identification du port de communication sur lequel votre compteur est branché

11. Appuyez *A* sur votre clavier ou cliquez sur *Automatic search* dans le sous-menu déroulant auquel vous a amené l'étape 10.
12. Après un certain temps, l'ordinateur répondra : *identified comm port*. Le port de communication est maintenant automatiquement identifié.

Sélection de la base de temps pour compter les intervalles

13. Appuyez *T* sur votre clavier ou cliquez sur *TBU* avec votre souris.
14. Appuyez *I* sur votre clavier pour un intervalle de 10 secondes.

Fin de l'ajustement des paramètres

15. Appuyez sur la touche *Échap* (*Esc* sur les claviers anglais).

Préparation à l'enregistrement des données

16. Appuyez *C* sur votre clavier ou cliquez sur *Capture* sur la barre d'outils.

Enregistrement des données

17. Appuyez *D* sur votre clavier ou cliquez sur *Display current data*.

Sauvegarde des données (l'ordinateur vous montrera le répertoire actuel et vous demandera un nom de fichier)

18. Appuyez *Entrée* sur votre clavier (*Return* sur les claviers anglais) pour ne pas sauvegarder les données (c'est ce que vous devez faire si vous voulez tracer les données pour analyse supplémentaire – avec le programme du disque).
- 19.

E.,F. Atténuation des rayonnements au travers de matériaux

Les radio-isotopes les plus courants et leurs utilisations de tous les jours

Il y a beaucoup de radio-isotopes dans la nature. Beaucoup de ces radio-isotopes sont maintenant couramment utilisés à la maison ou au travail. Cette liste provient de *Nuclear Energy*, 2nd Qtr. 1993, publié par l'USCEA.

Americium-241	Utilisé dans plusieurs détecteurs de fumée à domicile et dans les bureaux – pour mesurer le niveau de plomb dans la peinture séchée – pour assurer une épaisseur uniforme dans les procédés roulant d'acier et de papier – pour déterminer le meilleur emplacement pour creuser un puits de pétrole.
Cadmium-109	Utilisé pour analyser les alliages de métal pour vérifier des stocks ou départager des déchets.
Calcium-47	Outil important pour les chercheurs biomédicaux qui étudient la formation des cellules et des os chez les mammifères.
Californium-252	Utilisé pour inspecter les bagages dans les avions pour chercher des explosifs cachés – pour mesurer le niveau d'humidité du sol lors d'activités de construction – pour mesurer le niveau d'humidité pour des denrées gardées dans des silos.
Carbone-14	Utilisé pour s'assurer que les nouveaux médicaments en développement sont métabolisés sans formation de sous-produits nocifs – utilisé en archéologie et en paléontologie pour la datation des artefacts historiques.
Cesium-137	Utilisé pour traiter des tumeurs cancéreuses – pour mesurer le bon dosage administré aux patients de médicaments radioactifs – pour mesurer et contrôler le débit à l'intérieur d'un pipeline – pour montrer aux chercheurs si un puits de pétrole est bouché avec du sable ou non - pour s'assurer que les contenants sont remplis au bon niveau d'aliments, de médicaments d'autres biens consommables.
Chrome-51	Utilisé en recherche pour l'étude des globules rouges.
Cobalt-57	Utilisé en médecine nucléaire pour aider les médecins à interpréter les scanographies diagnostiques d'organes de patients.
Cobalt-58	Utilisé comme traceur pour diagnostiquer l'anémie pernicieuse.
Cobalt-60	Utilisé pour stériliser les instruments chirurgicaux – utilisé pour améliorer la sécurité des chaudières industrielles chauffées au mazout.

Cuivre-67	Aide les anticorps à se lier et à détruire les tumeurs cancéreuses.
Curium-244	Utilisé dans l'industrie minière pour analyser le matériel excavé des puits et ou les boues extraites des opérations de forage.
Iode-123	Utilisé pour diagnostiquer les dérèglements de la thyroïde.
Iode-129	Utilisé pour vérifier les détecteurs de rayonnements dans les laboratoires de tests diagnostics in vitro.
Iode-131	Utilisé pour vérifier l'étanchéité des soudures de tuyaux, d'échangeurs de chaleur ou de pièces d'avion.
Fer-55	Utilisé pour analyser des solutions de galvanoplastie.
Krypton-85	Utilisé dans des lampes indicatrices pour des laveuses à linge, des sècheuses, des stéréos et des cafetières automatiques – utilisé pour évaluer l'épaisseur de plastiques minces, de feuilles de métal, de caoutchouc, de textiles et de papier – utilisé pour mesurer le niveau de poussières et de polluants.
Nickel-63	Utilisé pour détecter des explosifs – utilisé dans les régulateurs de voltage et les protecteurs de courant élevé dans des pièces électroniques.
Phosphore-32	Utilisé en biologie moléculaire et en recherches génétiques.
Plutonium-238	Est utilisé depuis 1972 comme source d'énergie pour des sondes spatiales de la NASA.
Polonium-210	Réduit la décharge statique dans les procédés de fabrication des films photographiques et des enregistrements sonores.
Promethium-147	Utilisé dans les thermostats de couvertures électriques – utilisé pour évaluer l'épaisseur de métaux, de plastiques, de textiles et de papier.
Radium-226	Rend les para-tonnerres plus efficaces.
Selenium-75	Utilisé dans l'étude des protéines en recherches en sciences de la vie.
Sodium-24	Utilisé pour localiser des fuites dans les pipelines.
Strontium-85	Utilisé pour étudier la formation des os et le métabolisme.

Strontium-90	Utilisé dans des application de mesure.
Technetium-99M	Largement utilisé dans les études radio-pharmaceutiques – plusieurs formes chimiques différentes sont utilisées en imagerie des organes et pour étudier l'écoulement sanguin.
Thallium-204	Mesure le niveau des polluants sur du papier filtre – utilisé pour mesurer l'épaisseur de métaux, de caoutchouc, de textiles et de papier.
Thorium-229	Utilisé pour augmenter la durée de vie des lampes fluorescentes.
Thorium-230	Ajoute de la couleur et de la fluorescence dans des vernis et des verreries.
Tritium	Utilisé pour des études médicales – utilisé pour des cadrans de montre auto-éclairants et pour des panneaux lumineux indiquant la sortie dans des aéroports ou des commerces – utilisé pour fabriquer de la peinture lumineuse.
Uranium-234	Utilisé dans des appareils dentaires tels que des couronnes et des dentiers pour obtenir une couleur naturelle.
Uranium-235	Combustible des centrales nucléaires – utilisé pour fabriquer des verreries fluorescentes et des vernis colorés.
Xenon-133	Utilisé en médecine nucléaire pour des études de ventilation des poumons et d'écoulement du sang.

Fiche technique sur l'americium-241 et les détecteurs de fumée



Depuis plus de 25 ans, les canadiens utilisent des détecteurs de fumée à chambre ionisante pour les avertir d'une possibilité de feu dans leur maison. La plupart de ces détecteurs de fumée utilisent une petite quantité (environ 0.2 mg) d'Americium-241 (Am-241) sous la forme d'un oxyde (AmO_2). Cette petite quantité d'Am-241 correspond à 0.8 microcuries (μCi) ou 30 kilobecquerels (kBq) de matériel radio-actif. Le rayonnement alpha émis par l'Am-241 ionise l'oxygène et l'azote de l'air de la chambre de détection. Le potentiel électrique engendré par une pile produit un faible courant électrique. Lorsque des particules de fumée (ou des aérosols ou de l'humidité de la douche) entre dans la chambre de détection, elles absorbent les particules alpha. Ceci réduit l'ionisation de l'air et donc le courant produit. La baisse de courant est détectée et l'alarme est enclenchée.

L'Am-241 émet à la fois des rayonnements alpha et des rayonnements gamma de faible énergie. Les particules alpha sont absorbées à l'intérieur du détecteur tandis que les rayons gamma s'échappent à l'extérieur.

L'americium a un nombre atomique de 95 et une masse atomique moyenne de 243. L'americium métallique est argenté, se ternit lentement dans l'air et est soluble dans l'acide. Il n'y a pas d'isotope stable d'americium; il est donc extrêmement rare dans la nature. Le premier échantillon d'americium a été créé en bombardant du plutonium avec des neutrons dans un réacteur nucléaire à l'université de Chicago. La découverte de l'élément 95 fut annoncée à l'émission radiophonique américaine « Quiz Kids », en novembre 1945, par Glenn Seaborg, un chimiste qui avait travaillé pour le projet Manhattan et est le co-découvreur de 10 éléments, incluant le plutonium.

Le nom americium, choisi par Seaborg en honneur du continent où il a été découvert, fut donné au nouvel élément en 1946. De ses 13 isotopes, l'Am-243 est le plus stable avec une demi-vie de plus de 7500 ans, même si l'Am-241, avec une demi-vie de 470 ans, a été le premier à avoir été isolé (après une demi-vie, la moitié de la quantité initiale d'isotopes radio-actifs s'est transformée en un autre élément, et l'autre moitié reste identique).

Source

Le plutonium-241 (Pu-241) qui forme environ 12% du plutonium contenu dans le combustible usé (qui lui-même forme 1% du total) des réacteurs nucléaires à eau légère, a une demi-vie de 14 ans, se transformant en Am-241 par une émission beta (Ces proportions sont différentes dans un réacteur à eau lourde CANDU). Le Pu-241 est formé dans tout réacteur nucléaire par la capture neutronique de l'uranium-238 (U-238). Les étapes sont :



U-239 par décroissance beta → Np-239 (Np = neptunium)
Np-239 par décroissance beta → Pu-239
Pu-239 + neutron → Pu-240
Pu-240 + neutron → Pu-241

Le Pu-241 se transforme (toujours par décroissance beta) en Am-241 dans le réacteur nucléaire et par la suite.

Il est intéressant de noter (et important aussi pour le recyclage du combustible usé) que si trop d'Am-241 s'accumule dans le plutonium séparé du combustible usé, il ne peut être rapidement utilisé pour faire du combustible à oxydes mélangés (MOX) parce qu'il est trop radio-actif pour qu'on le manipule dans les usines normales de fabrication du MOX. Par exemple, BNFL (British Nuclear Fuels Limited), peut recevoir du plutonium contenant jusqu'à 3% d'americium, c'est-à-dire vieux d'au moins 6 ans (à des concentrations plus élevées, des mesures additionnelles seraient nécessaires pour contrôler la dose aux travailleurs).

Les risques

La dose de rayonnements aux personnes qui habitent une maison munie d'un détecteur de fumée est très faible, beaucoup plus petite que la dose naturelle qui provient des rayons cosmiques, des éléments radioactifs présent à l'état naturel tels que le potassium ou le radon. La petite quantité de matériel radioactif qui est utilisé dans ces détecteurs n'est pas considéré comme un risque pour la santé. Lorsque les premiers détecteurs de fumée utilisant de l'americium ont été installés, on indiquait qu'ils devaient être retournés au fournisseur ou bien postés à la Commission de contrôle de l'énergie atomique pour être stockés au Canada. Cette exigence a par la suite été enlevée, même si certains pays (Australie) exige par loi que les détecteurs de fumée soient entreposés dans un endroit particulier. Il y a probablement un peu de « déchets nucléaires » dans votre dépotoir local, sous la forme de détecteurs de fumée défunts.

L'Am-241 est potentiellement un isotope dangereux puisqu'il émet des rayonnements alpha et gamma. S'il pénètre à l'intérieur du corps sous une forme chimique utilisable, il se concentre dans les os. Toutefois, même l'ingestion complète du détecteur de fumée n'amènera pas d'absorption interne significative d'Am-241. Puisque le dioxyde est insoluble, il va traverser le système digestif, sans fournir de dose significative. Inhaler de particules de poussières d'AmO₂ pourrait les amener à rester dans les poumons. Les émetteurs alpha présente un danger pour la santé lorsqu'ils sont ingérés, puisque les particules alpha sont absorbées dans un petit volume près de la source, augmentant la probabilité de dommages aux cellules qui pourrait entraîner un cancer. Les faibles rayons gamma sont moins dangereux puisqu'ils sont absorbés dans un volume beaucoup plus grand.

L'Am-241 décroît en un isotope du neptunium (Np-237) en émettant une particule alpha, possédant une énergie d'environ 5.5 MeV, et des rayons gamma dont la majorité a une énergie de 60 keV. Le Np-237 a une demi-vie de 2.14 millions d'années et décroît par

une émission beta (4.9 MeV). À cause de sa longue demi-vie, le Np-237 est moins dangereux que l'americium (très rarement, l'Am-241 décroît par fission spontanée).

Coût

Le bioxyde d'americium a été mis en vente pour la première fois par la Commission d'énergie atomique des Etats-Unis (US Atomic Energy Commission) en 1962 et son prix de 1500 \$ US par gramme est demeuré virtuellement inchangé jusqu'à maintenant. Puisqu'un gramme d'Am-241 est suffisant pour plus de 5000 détecteurs de fumée, l'AmO₂ compte pour moins de 5% du prix de vente du détecteur de fumée.

Autres utilisations

L'americium (en le combinant avec du béryllium) est aussi utilisé comme source de neutrons lors de tests non-destructifs de machinerie et d'équipements, et pour mesurer l'épaisseur dans l'industrie du verre. Toutefois son application la plus commune est son utilisation comme source d'ionisation dans les détecteurs de fumée, et la majeure partie des quelques kilogrammes d'americium produit chaque année est utilisée de cette façon.

Autres détecteurs de fumée

Les détecteurs de fumée photoélectrique détectent la présence de fumée dans l'air en mesurant les changements dans la transmission de la lumière dû à l'absorption et à la dispersion par les particules de fumée. Ces équipements demandent une puissance électrique plus élevée que les détecteurs à ionisation, sont habituellement branchés sur le réseau électrique de la maison et donc sont plus chers à acheter et installer. Pour certains types de feu, les détecteurs photoélectriques sont plus performants que les chambres à ionisation, mais en général, ils sont considérés comme moins efficaces. Quelques fabricants proposent maintenant des détecteurs utilisant les deux technologies.

Références

L'institut de l'uranium (Uranium Institute), Londres, RU, <http://www.uilondon.org>

Le Centre d'information de l'uranium limité, Melbourne, Australie,

<http://www.uic.com.au>

Handbook of Physics and Chemistry, 60^e édition, Chemical Rubber Company, 1979

Sites web nucléaires canadiens

- La FAQ (foire aux questions) nucléaire canadienne
(une source d'information officielle) <http://www.ncf.carleton.ca/~cz725>
- Énergie atomique du Canada
(concepteur et vendeur des réacteurs CANDU) <http://www.aecl.ca>
- Page d'accueil d'Ontario Power Generation (OPG)
(autrefois Ontario Hydro, opère 16 centrales à Pickering et Darlington) <http://www.ontariopowergeneration.com>
- Énergie Nouveau-Brunswick
(opère la centrale de Pointe Lepreau) <http://www.nbpower.com>
- Hydro-Québec
(opère la centrale de Gentilly-2) <http://www.hydro.qc.ca>
- L'Association nucléaire canadienne (ANC)
(représente l'industrie nucléaire canadienne) <http://www.cna.ca>
- La Société nucléaire canadienne (SNC)
(représente l'ingénierie et la science nucléaires canadiennes) <http://www.cns-snc.ca/>
- La Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN)
(autrefois la Commission de contrôle de l'énergie atomique,
c'est le régulateur nucléaire fédéral canadien) <http://www.cnsccsn.gc.ca>
- Eau lourde
(bonne fiche technique de l'université Queen's) <http://www.sno.phy.queensu.ca/sno/D2O.html>
- HANARO
(réacteur canadien de recherches MAPLE construit en Corée du Sud) <http://hanaro.kaeri.re.kr/>
- MDS Nordion
(distributeur mondial de produits pharmaceutiques, Kanata, ON) <http://www.mds.nordion.com>
- site de Cernavoda
(centrale CANDU en Roumanie) <http://www.uilondon.org/uiabs95/glod.htm>
- B.N. Brockhouse
(canadien prix Nobel de physique 1994) http://www.physics.mcmaster.ca/people/faculty/Brockhouse_BN.html
- L'observatoire de neutrinos de Sudbury
(construit dans une ancienne mine de nickel, utilise de l'eau lourde) <http://www.sno.phy.queensu.ca/>
- Bubble Technology Industries (BTI) Inc.
(R&D et marketing des dosimètres et spectromètres à neutrons) <http://www.magma.ca/~bubble/>
- Atlantic Nuclear Services Ltd.
(consultant en génie nucléaire pour ÉNB) <http://www.ansl.ca/>
- Laboratoires Stern inc.
(laboratoire privé qui teste des composantes nucléaires, Hamilton, ON) <http://www.sternlab.com/>

Nray Services
(radiographie neutronique commerciale, Petawawa, ON)

<http://www.nray.com>

ITER Canada
(projet de prototype de réacteur à fusion)

<http://www.itercanada.com>

Le programme neutronique pour la recherche sur les matériaux du CNRC
(utilise le faisceaux de neutrons du NRU)

http://neutron.nrc.ca/welcome_f.html

Sites web nucléaires non-canadiens

La Société nucléaire américaine (American Nuclear Society)
(l'homologue de la SNC, au sud de la frontière)

<http://www.ans.org>

La page d'accueil atomique de Todd
(une source d'information très complète)

<http://neutrino.nuc.berkeley.edu/neutronics/todd.html>

Le centre d'information sur l'uranium (The Uranium Information Centre)
(bon site d'information sur le nucléaire, d'Australie)

<http://www.uic.com.au>

L'institut de l'uranium (The Uranium Institute)
(bon site d'information sur le nucléaire, d'Angleterre)

<http://www.uilondon.org>

Tchernobyl – les effets depuis 1986
(résumé des effets sur la santé de Tchernobyl)

<http://www.uilondon.org/chernidx.htm>

FAQ sur l'énergie nucléaire
(site d'information officieux de John McCarthy)

<http://www-formal.stanford.edu/jmc/progress/nuclear-faq.html>

Agence internationale de l'énergie atomique
(agence de l'ONU)

<http://www.iaea.or.at/worldatom>

Le touriste nucléaire virtuel
(guide officieux aux réacteurs nucléaires du monde entier)