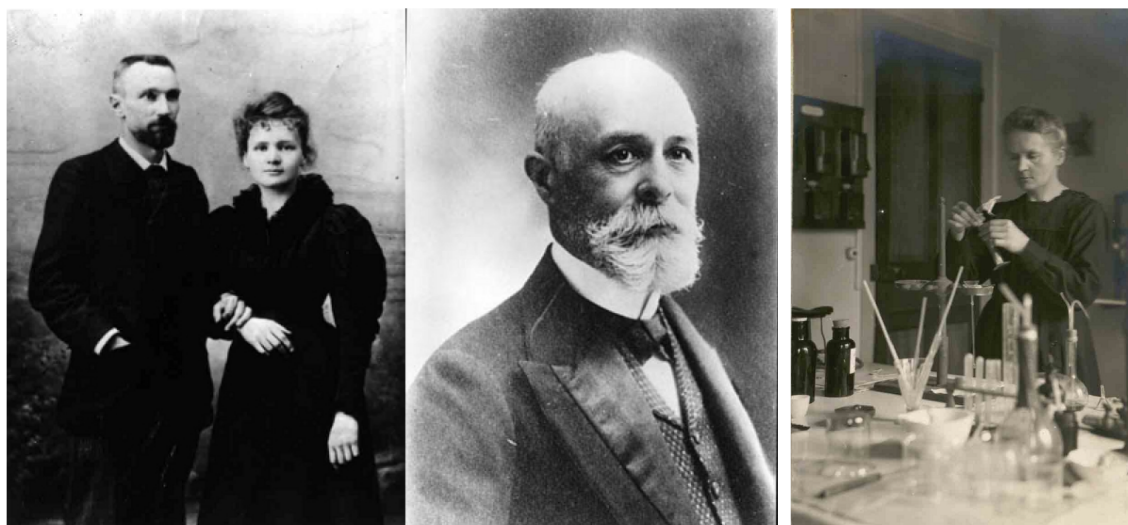


DECOUVERTES DU RADIUM



Pierre et Marie Curie (à gauche), Henri Becquerel (au centre), Marie Curie dans son laboratoire à l'institut du Radium (1921)
En 1896, Becquerel découvre la radioactivité par hasard, alors qu'il fait des recherches sur la fluorescence des sels d'uranium.
En 1902, Marie Curie isole 0.1 g de chlorure de radium et identifie la position de l'élément radium dans le tableau de Mendeleïev.
Pierre Curie, quant à lui, découvre de nombreux phénomènes associés à la radioactivité du radium notamment l'émission de gaz (le radon), de lumière et de chaleur (de dégagement d'énergie). Il découvre également des phénomènes plus généraux tels que l'existence de 3 types de rayonnements, qui seront appelés α , β et γ par la suite.
En 1903, les Curie ainsi qu'Henri Becquerel, sont récompensés pour leurs travaux en recevant le prix Nobel de physique.

https://fr.wikipedia.org/wiki/Henri_Becquerel + https://fr.wikipedia.org/wiki/Marie_Curie
Voir http://evelyne.bouquet.free.fr/WebAlain/particules/120_curie.htm
<http://culturesciences.chimie.ens.fr/content/le-radium-d%C3%A9couverte-utilisation-et-danger>

CONSEQUENCES SOCIALES DE L'UTILISATION DU RADIUM DANS L'INDUSTRIE



Le droit individuel des travailleurs à engager des poursuites en dommages et intérêts à l'encontre des sociétés qui les emploient en raison d'un préjudice subi au travail a été établi après l'affaire des « Radium Girls ».
Dans le sillage de l'affaire, les normes de sécurité industrielle furent notablement améliorées pour de nombreuses décennies.

http://fr.wikipedia.org/wiki/Radium_Girls

Lecture supplémentaire proposée (une fois l'activité terminée) : article

<http://www.larecherche.fr/savoirs/autre/radium-meilleur-pire-01-12-1998-79675>

**LES CIRCONSTANCES QUI ONT AMENE LA MACHOIRE D'UNE JEUNE OUVRIERE (AMELIA MAGIA)
A SE DESAGREGER LORS DE L'INTERVENTION D'UN DENTISTE. (DOCUMENT AUTORISE : LA CLASSIFICATION PERIODIQUE)**

Doc 1 : Résumé du film L'histoire commence en 1917 quand Amélia Magia décroche son premier emploi dans une usine où, sur des cadrans de montre, elle dépose de petits points d'une peinture qui émet de la lumière bleu-vert. Le pays est en guerre et les soldats, dans les tranchées, ont découvert que ces montres leur permettent de lire la nuit, sans être repérés par l'ennemi. La peinture est composée de radium, à raison de moins d'un milliardième de gramme par montre. Cela suffit à les rendre lumineuse. En 1921, au bout de 4 ans, Amélia doit quitter l'usine. Elle a perdu du poids et ses articulations sont extrêmement douloureuses. Elle souffre d'anémie et crache sans arrêt du sang. En l'espace de quelques mois, sa mâchoire inférieure s'est tellement effritée qu'elle désagrège sous la main de son dentiste. Amelia Magia meurt le 12 Septembre 1922, à l'âge de 25 ans. Le décès d'une jeune immigrante ne fait pas la une des journaux, mais Amélia n'est que la première d'une longue série. L'année suivante, une des collègues meurt dans les mêmes circonstances, puis une autre et encore une autre. En 1925, 5 ouvrières sont mortes et plusieurs autres présentent les mêmes symptômes terribles : anémie, tumeur et détérioration des os. Evidemment, les sociétés qui utilisaient le radium soutenaient que leur produit n'était pas en cause et rejeteraient toute responsabilité. Ces femmes étaient condamnées. Elles portaient le pinceau à leurs lèvres pour affiner la pointe. Le radium passait alors directement dans leur système sanguin via les muqueuses - Le radium étant perçu par l'organisme comme du calcium. Le corps humain dispose d'un système extraordinaire pour fournir aux os le calcium nécessaire à leur solidité. Mais ce système est leurré (trompé) par le radium et l'achemine directement vers le squelette où il se fixe. Et là, le radium attaque les os. La colonne vertébrale s'effrite, les os se brisent - Aucune de ses filles n'a pu être sauvée. Les médecins ne pouvaient rien faire pour elles.

<http://telescoop.tv/browse/654142/21/le-petit-guide-de-l-empoisonneur.html> (p 21 à p 23)

Doc 2 :

Le calcium, sous forme de cristaux de carbonate de calcium (CaCO₃) ou de cristaux d'hydroxyapatite, est un élément majeur du squelette chez les animaux ou humains. On le trouve aussi dans le sang majoritairement sous forme d'ions (indispensables au fonctionnement du système nerveux). Les os servent de charpente à notre corps.

La moelle osseuse qui se trouve à l'intérieur de l'os produit les cellules (globules blancs et rouges) et plaquettes sanguines.

<http://fr.medipedia.be/osteoporose/comprendre/les-role-et-structure>

Doc 3 : Le radium est un élément chimique, découvert par Marie (et Pierre) Curie en 1898, de symbole Ra et de numéro atomique 88. Il est extrêmement radioactif. Le temps de demi-vie du radium 226 est de 1602 ans et correspond à la durée nécessaire pour que la moitié des noyaux radioactifs se soient désintégrés (1 période permet une division par 2 du nombre de noyaux radioactifs initialement présents; 2 périodes une division par 4 ; 3 périodes une division par 8, etc..) Les Curie constatèrent que les composés radioactifs du radium étaient très analogues aux composés similaires du baryum, mais étaient moins solubles dans l'eau. Cela permit aux Curie d'isoler ces composés radioactifs du radium. Les effets du radium sont imputables au rayonnement complexe émis par ce radioélément et ses composés. Dans l'organisme, le radium se fixe principalement sur la moelle osseuse et sur le squelette. Une expérience, menée en 1966, sur des cobayes volontaires âgés (de 63 à 83 ans) a montré que l'absorption du radium contenu dans la peinture était de l'ordre de 20 % dans l'organisme. En cas d'exposition interne, c'est la capacité du corps de l'individu à éliminer – par les urines, les selles et la sueur - les éléments radioactifs qui est en jeu. encyclopedie.universelle.fr/academico.com/17482

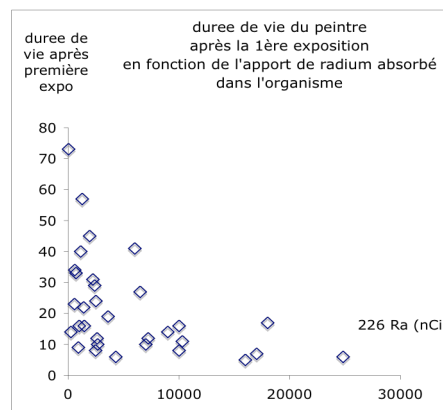
Doc 4 : Peu de temps après sa formation, la Société U.S. Radium Corporation a commencé à rencontrer des difficultés avec la santé de ses peintres de cadrans. Ces problèmes sont bien résumés dans une lettre écrite par son président, en date du 18 Juin 1928, au commissaire de la santé publique de la Ville de New York. La déclaration suivante est tirée de cette lettre ; « Au début de 1924, il a été appelé à notre attention, à travers un cabinet dentaire de très bonne réputation, que certains de nos employés souffraient de ce que l'on croyait être un empoisonnement au phosphore. . . . On nous dit, à l'époque, que si une condition d'empoisonnement existait, elle devait être due aux pinceaux, et donc toutes les brosses furent soigneusement stérilisées avant d'être utilisées par les opérateurs. Des instructions strictes furent données de ne plus amincir la pointe des pinceaux avec les lèvres ». Radium in humans (review of US study)

Sont regroupés, dans le tableau ci-dessous, des cas de peintres de cadran, touchés par des cancers des os,

TABLE A.1 Exposure Data for Radium Subjects to the End of 1990

Case	Sex	Born	Live	Died	Cause	Exp. Type	Year First Exp.	Exp. Dur. (wk)	Year of Meas.	²²⁶ Ra (nCi)
00-002	F	1896		1922	5280	DP	1917	223	1966	16000
00-017	F	1899		1924	9261E	DP	1917	156	1970	17000
01-002	F	1906		1939	2079	DP	1922	676	1936	18000
03-666	F	1905		1929	032	DP	1923	347	1978	24812

F : féminin, Cause (type de cancer : symbolisé par un n°), Exp : exposition , DP : dial painter (peintre de cadran) , Dur : durée , wk : semaine, Meas : mesure ²²⁶Ra (nCi) représente l'activité de l'ensemble des os ou du corps en ²²⁶Ra, mesurée à l'année indiquée (Year of Meas.) en nanoCurie (nCi). Afin de rendre la courbe de droite plus lisible, elle ne porte que sur une trentaine de cas. L'étude réelle portait sur plus de 2400 cas.



Robley D. Evans a réalisé une série de mesures de la charge corporelle en radium sur un nombre important de peintres de cadrans. Ces analyses ont été utilisées en 1941 par le National Bureau of Standards pour fixer la charge maximale admissible pour le radium à 0,1 µCi.

Doc 5 : Unités de radioactivité

Le Curie (symbole Ci) est l'ancienne unité de radioactivité. Il correspond à $3,7 \times 10^{10}$ désintégrations par seconde, ce qui est approximativement l'activité de 1 g de l'isotope du radium 226. Il a été nommé ainsi en 1910 en l'honneur de Pierre Curie, décédé en 1906 (et non en l'honneur de son épouse Marie car il est rare de mettre en valeur un scientifique vivant). Il n'a jamais fait partie du système international (SI). En 1964, il a été remplacé par l'unité SI : le Becquerel (Bq). On a : $1 \text{ Ci} = 3,7 \times 10^{10} \text{ Bq} = 37 \text{ GBq}$ (GigaBecquerels) Le Curie est une unité bien adaptée aux très fortes radioactivités (ce qui est le cas du radium).

https://fr.wikipedia.org/wiki/Curie_%28unit%C3%A9%29

Le Becquerel (Bq) est l'unité de mesure de la radioactivité d'un corps. Elle caractérise le nombre de désintégrations spontanées de noyaux d'atomes instables qui s'y produit par seconde. Plus l'activité d'un élément instable est forte, plus sa radioactivité est puissante. $1 \text{ Bq} = 1$ désintégration par seconde.

<http://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/mesure-de-la-radioactivite-unites>

Doc 6 :

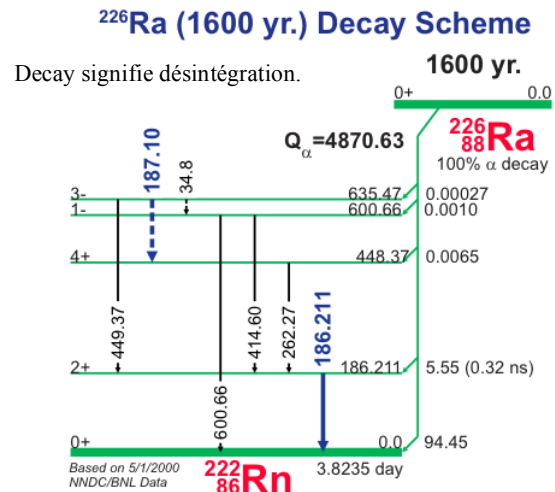
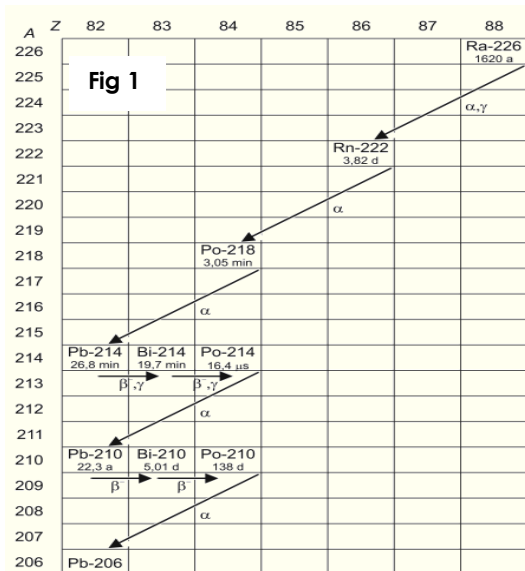
La radioactivité est un phénomène physique naturel au cours duquel des noyaux instables, tel le radium 226 (^{226}Ra), se transforment spontanément (se «désintègrent»), en dégageant de l'énergie sous forme de rayonnements divers. Les rayonnements ainsi émis sont appelés, selon le cas, des rayons α , β ou γ .

Pour les organismes vivants, ces rayonnements sont nocifs, et même mortels en cas de dose élevée.

La chaîne de désintégration du radium, (voir Fig1) est une série de désintégrations, en cascade apparaissant par transformation spontanée d'un isotope instable (ici le radium 226 fournit du radon ^{222}Rn comme premier produit de désintégration, puis le radon 222, fournit ensuite le polonium 218, etc ...) permettant d'arriver à un élément chimique dont le noyau atomique est stable (c'est-à-dire non radioactif).

Le plomb 206 est généralement l'élément stable auquel les chaînes de désintégration s'arrêtent.

<https://fr.wikipedia.org/>



Sur la Fig 2 : A droite sont indiqués les pourcentages statistiques pour les différents types d'émissions.. Exemple : lorsqu'un noyau de radium 226 se désintègre avec une émission de particule α :

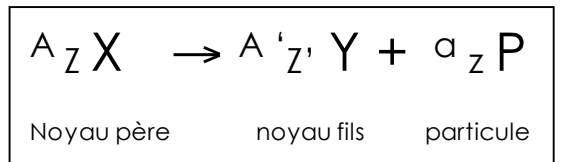
94,45 % de ces désintégrations l'amène du niveau 0+ du ^{226}Ra au niveau 0+ du ^{222}Rn
 5,55 % de ces désintégrations l'amène du niveau 0+ du ^{226}Ra au niveau 2+ du ^{222}Rn . S'ensuit alors un rayonnement γ d'énergie 186,211 keV

Doc 7 :

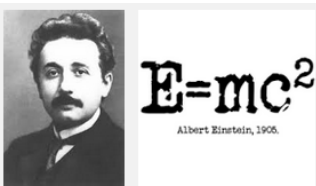
Une réaction nucléaire est écrite sous la forme d'une équation :

Toutes les réactions nucléaires (concernant le noyau) vérifient les lois de conservation suivantes :

- Conservation du nombre total de protons ou de la charge électrique : $Z = Z' + z$
- Conservation du nombre total de nucléons ou du nombre de masse : $A = A' + a$



Doc 8 :



Unités : E (J) ; m (kg) ; c (m/s)

Lorsqu'une réaction nucléaire est exothermique, la masse des noyaux (fils) produits est inférieure à la masse des noyaux (pères) réactifs. Une diminution de masse se traduit par une libération d'énergie. On définit la variation de masse Δm (réaction nucléaire) par :
 Δm (réaction nucléaire) = m (noyaux fils produits) - m (noyaux pères réactifs)
 Avec Δm (réaction nucléaire) < 0



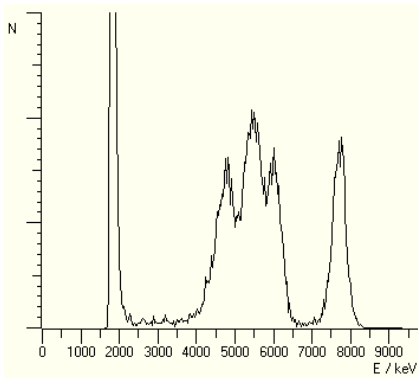
Exemple :

Pour la réaction de fusion deutérium-tritium : ${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$
 La variation de masse est : $\Delta m = m({}^4_2\text{He}) + m({}^1_0\text{n}) - m({}^2_1\text{H}) - m({}^3_1\text{H})$

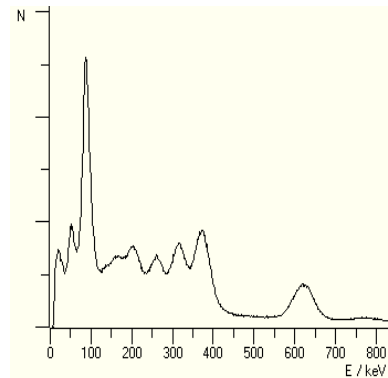
Lors d'une réaction nucléaire, la variation d'énergie libérée est : $\Delta E = |\Delta m| \times c^2$

Doc 9 : Il existe des appareils de mesure qui permettent d'obtenir le spectre électromagnétique dans d'autres parties que le visible. On peut ainsi obtenir :

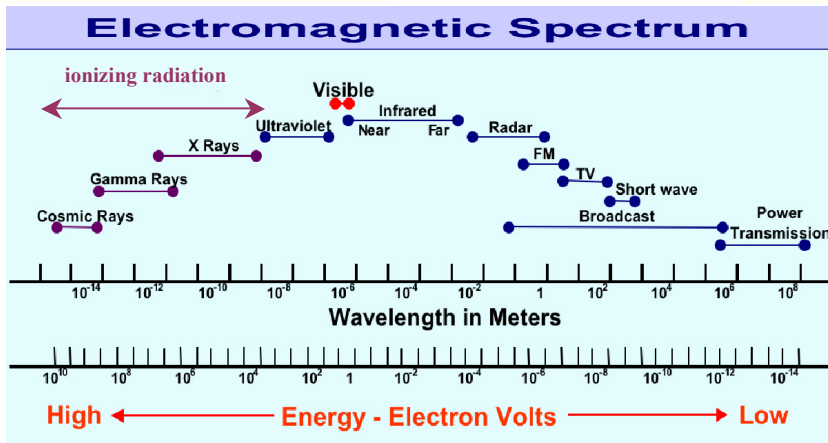
Le spectre α (alpha) d'une source de radium 226



Le spectre γ d'une source de radium 226



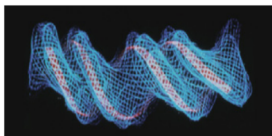
Doc 10 :



Chapter 13 Slides Radiation.11.08.10.ppt

Remarques : les rayons X prennent naissance dans le cortège électronique, les rayons γ non, ils sont eux émis par désexcitation d'un noyau . <http://www.id-didactic.de/software/524221fr/Content/Appendix/Ra226.htm>
 Les rayonnements particulaires (émission de particules α et β) sont aussi considérés comme des rayonnements ionisants mais ils ne font pas partie des rayonnements électromagnétiques. https://fr.wikipedia.org/wiki/Rayonnement_ionisant

Doc 11 : Quelques effets biologiques des rayons α , β ou γ : <http://www.laradioactivite.com/fr/site/pages/leseffetsbiologiques.htm>



Le vivant est un milieu à la fois robuste et fragile.
 Les rayonnements radioactifs peuvent induire des modifications chimiques qui, à leur tour, sont susceptibles d'introduire des modifications cellulaires dans la matière vivante.

Les dégâts des rayonnements sont très variables dans la matière vivante.

L'ionisation provoquée dans les cellules par les particules (ou rayons γ) est susceptible d'entraîner des modifications chimiques non seulement au niveau de molécules simples comme l'eau, mais d'agresser des structures aussi complexes et cruciales que la molécule d'ADN. Nos cellules sont donc fragiles. Mais elles ont la faculté de pouvoir se réparer si le dommage est limité et d'être éliminées si le dommage est important. Le vivant est aussi robuste.

La gravité des effets dépend de la densité des ionisations dans le milieu.

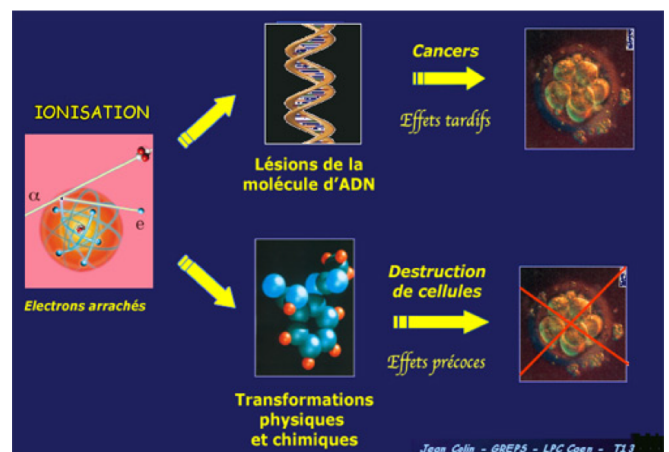
Les effets sont d'autant plus importants que l'énergie déposée dans le milieu est importante et localisée dans l'espace et dans le temps.

La cellule répare en permanence ces modifications dont les effets de celles radio-induites, sont analogues à ceux produits par des agressions d'origine chimique ou thermique. Cette capacité de réparation est toutefois limitée.

Les lésions mal réparées conduisent alors la cellule à une mort immédiate ou différée (l'incapacité de se diviser)

La toxicité de la radioactivité dépend d'un autre facteur, le débit de dose. Une dose reçue en un seul coup est plus nocive que la même étalée sur une longue période, comme si, débordés, les mécanismes de réparations cellulaires étaient moins efficaces. Cette nuisance devient un atout quand il s'agit de détruire des tumeurs cancéreuses.

En radiothérapie, on applique des doses très importantes, de manière localisée et pendant des temps courts.



Activité préparatoire à réaliser :

Partie 1 : Le phénomène de désintégration du radium (Questions préalables)

Pour comprendre le phénomène de désintégration, regardez le film « la vallée de stabilité » réalisé par le CEA, qui donne des explications sur les différents types de désintégration pour un noyau radioactif. Ce petit film (de 14 mn) réalisé par le CEA : la vallée de stabilité (sous format flv) . peut être trouvé à l'adresse suivante :

<http://irfu.cea.fr/la-vallee-de-stabilite/> (choisir la version Flash (41 Mo) , plus légère mais de moins bonne qualité)

Vous pouvez visionner ce format de film avec un logiciel du type VLC.

Les 7 premières minutes du film nous intéressent ici (mais vous pouvez regarder la suite évidemment !)

1) a) Comment définiriez-vous la vallée de stabilité ?

1) b) Sur l'animation suivante : http://www.ostralo.net/3_animations/swf/diagrammeNZ_2.swf , trouvez la position des noyaux du début et de la fin de chaîne de désintégration du radium 226.

2) a) Ecrire l'équation de désintégration α (alpha) dans le cas du radium 226. Donnez le nom de la particule α .

Lors de la désintégration du radium 226, le nombre de noyau N , présents dans un échantillon, ne cesse de décroître au cours du temps.

2) b) Tracez sur un tableur (type Excel) la courbe de décroissance radioactive. On représentera :

- en abscisse : le temps (symbolisé par t) exprimé en années.
- en ordonnée le pourcentage de noyaux de radium 226 restants (symbolisé par %N).

2) c) Le radium a été dosé dans les os d'Amélia Magia (voir TABLE A.1 du Doc 4).
Déterminez, en microCurie (μCi), puis en Becquerel, l'activité du radium de l'échantillon à sa mort.

2) d) Donnez le nom de l'autre type de particule pouvant être émise dans la chaîne de désintégration du radium 226.
Quel nom plus simple lui donneriez-vous ?