131EN001 - Structure et propriétés des atomes - TD n°1

Révisions et nomenclature (1h00)

1) Parmi les corps suivants, distinguer les corps purs simples, les corps purs composés et les mélanges (dans ce cas préciser les constituants) :
L'eau, l'étain, le bronze, la fonte, le polystyrène, l'ozone, l'ammoniac, l'essence, l'aluminium.

2) Indiquer si les mélanges suivants sont homogènes ou hétérogènes :

- eau + huile
- eau + vinaigre
- sel + sucre
- verre
- air
- brouillard

3) Ecrire les formules moléculaires des corps purs suivants :
Acide sulfurique, sulfate de cuivre, peroxyde d'hydrogène, permanganate de potassium, carbonate de strontium, nitrate de baryum, bromure de sodium, acétate de zinc.

4) Nommer les corps suivants :
NaOH ; $H_2C_2O_4$; HF ; CO ; $Mg(OH)_2$; $AgNO_3$; HNO_3 ; H_3PO_4.

5) Certains sels minéraux cristallisés sont hydratés ; dans leur formule chimique apparaît de l'eau : ce sont des hydrates. Le nombre de molécules d'eau est en général bien déterminé ; par exemple : le sulfate de cuivre II $CuSO_4,5H_2O$. Par chauffage, ces hydrates salins perdent leur eau et donnent des sels anhydres.

Le gypse, qui permet la fabrication du plâtre, est une espèce minérale composée de sulfate de calcium hydraté contenant environ 21 % d'eau (en masse). Déterminer son taux d'hydratation.

6) Le cholécalciférol est une forme de la vitamine D qui permet notamment la fixation du calcium par l'organisme. Il se trouve en assez faibles quantités dans divers aliments tels que les poissons gras, les champignons ou les œufs. Cette molécule a une masse molaire de 384.64 g/mol et est composée (en % massique) de 84.31% de carbone, de 11.53% d'hydrogène et de 4.16% d'oxygène.
Retrouver la formule du cholécalciférol.

7) Une voiture roulant à l'éthanol (moteur à combustion) consomme 6.4L/100km. Calculer la quantité de dioxyde de carbone produite lors d'un trajet de 25 km.
Densité de l'éthanol : 0.789
On considère le dioxyde de carbone comme un gaz parfait (CNTP, 22.4L/mol).

<u>Auto-apprentissage</u>

- Ecrire les formules moléculaires des corps purs suivants : thiosulfate de sodium, diiode, hydrure de lithium, oxalate de potassium, nitrate d'ammonium, fluorure de fer(III)

- Nommer les corps suivants : KIO_3 ; KH_2PO_4 ; NO_2 ; NaH ; $K_2Cr_2O_7$; Fe_2O_3

131EN001 - Structure et propriétés des atomes - TD n°2

Atomes et isotopes (1h30)

Isotopes « $^{A}_{Z}X$ », « $^{A'}_{Z}X$ », abondance naturelle isotopique ("x_i"), masse isotopique relative ("M_i"), masse molaire atomique de l'élément (M), unité de masse atomique (u.m.a.)…

1) La plupart des éléments se présente à l'état naturel sous forme de mélanges d'isotopes.
- Définir le terme ''isotope ''.
- Le carbone naturel est un mélange de 3 isotopes dont les symboles sont $^{12}_{6}C$, $^{13}_{6}C$, $^{14}_{6}C$. Combien y a-t-il de protons, de neutrons et d'électrons dans un atome neutre de chacun de ces isotopes ?
- Calculer la masse molaire atomique de l'élément chimique carbone.

Carbone naturel	$^{12}_{6}C$	$^{13}_{6}C$	$^{14}_{6}C$
x_i	98,89 %	1,11 %	traces < 10^{-4}%
M_i	12	13,0063	14,0032

2) Les affirmations suivantes sont-elles vraies ?
- Des isotopes sont des éléments qui possèdent le même nombre de protons, mais un nombre différent de nucléons.
- Les éléments dans la classification périodique sont rangés par masse atomique croissante.
- Le nombre d'isotopes naturels d'un élément suffit pour calculer sa masse atomique.
- Le nombre d'Avogadro est égal au nombre d'atomes dans 12 g de carbone.

3) Trouver le nombre d'électrons des ions F^-, Na^+ et Al^{3+}. Pour cela, on donne : $^{19}_{9}F$; $^{23}_{11}Na$; $^{27}_{13}Al$; Les ions F^-, Na^+, Al^{3+} et l'atome de néon sont isoélectroniques ($^{20}_{10}Ne$). Expliquer ce terme. Pourquoi leur a t-on attribué des noms et des symboles différents ?

4) Compléter le tableau suivant, en vous aidant des renseignements suivants :
- La masse atomique de l'isotope du cobalt dont l'abondance est proche de 100% vaut 58,9332 uma
- Le fer précède le cobalt dans la classification périodique.

Symbole chimique	Numéro atomique	Nombre de neutrons	Nombre de masse
?	6		14
$^{39}_{19}K$			
$^{?}_{?}Fe$		29	
$^{?}_{27}Co$			

Combien y a-t-il d'électrons dans Fe^{3+} ?
Combien y a-t-il de neutrons dans 1 mg de potassium 39 ?

Donnée : 1 uma = $1,7.10^{-24}$ g

5) On admettra que la masse de l'atome d'aluminium $^{27}_{13}Al$ est égale à la somme des masses des particules qui le constituent.
- Quelle est la masse du noyau d'un atome d'aluminium ?
- Quelle est la masse du cortège électronique d'un atome d'aluminium ? Comparer.
- Quelle est la masse d'un atome d'aluminium ?
- La masse volumique de l'aluminium est $\mu = 2,7.10^3$ kg.m^{-3}. Quelle est la masse d'un cube d'aluminium de 2 cm de côté ? Combien ce cube contient-il d'atomes d'aluminium ?

Données : masse du proton : $m_p = 1,673.10^{-27}$ kg ; masse du neutron : $m_n = 1,675.10^{-27}$ kg ; masse de l'électron : $m_e = 9,109.10^{-31}$ kg ;

6) Le brome $_{35}Br$ se trouve à l'état naturel sous forme d'un mélange de deux isotopes ^{79}Br et ^{81}Br. La masse atomique de ^{79}Br est de 78,918 g ; celle de ^{81}Br est de 80,916 g. La masse molaire atomique du brome est 79,904 g.
Calculer les abondances naturelles isotopiques du brome-79 et du brome-81.

Auto-apprentissage

Calculer la masse atomique du néon (en uma), connaissant les abondances relatives.

Isotope	$^{20}_{10}Ne$	$^{21}_{10}Ne$	$^{22}_{10}Ne$
Abondance (%)	90,48	0,27	9,25

Données : masse du proton : m_p = 1,008 uma ; masse du neutron : m_n = 1,009 uma

131EN001 - Structure et propriétés des atomes - TD n°3

Modèle quantique de l'atome (1h30)

Mots clés : modèle de Bohr – niveaux d'énergie – quantification – constante de Rydberg

1°) L'œil humain est capable de détecter jusqu'à $2{,}35.10^{-18}$J d'une lumière verte caractérisée par une longueur d'onde de 510 nm. Calculer l'énergie d'un photon de longueur d'onde 510 nm. En déduire le nombre minimal de photons que peut détecter l'œil humain.

2°) Quelle est la différence entre un atome excité et un atome ionisé ?
Calculer l'énergie nécessaire pour ioniser: - un atome d'hydrogène.
- une mole d'atomes d'hydrogène
Expliquer ce qui se passe quand un atome d'hydrogène capte un photon dont l'énergie est supérieure à l'énergie d'ionisation.

3°) Spectre atomique de l'hélium ionisé He^+

a) Indiquer sur le diagramme d'énergie ci-contre les transitions électroniques relatives à l'excitation d'un ion He^+ et à sa relaxation pour des valeurs de n égales à 1, 2, 3, 4 et ∞.

b) Pourquoi le nombre de raies du spectre d'absorption de l'ion He^+ est-il inférieur au nombre de raies du spectre d'émission ?

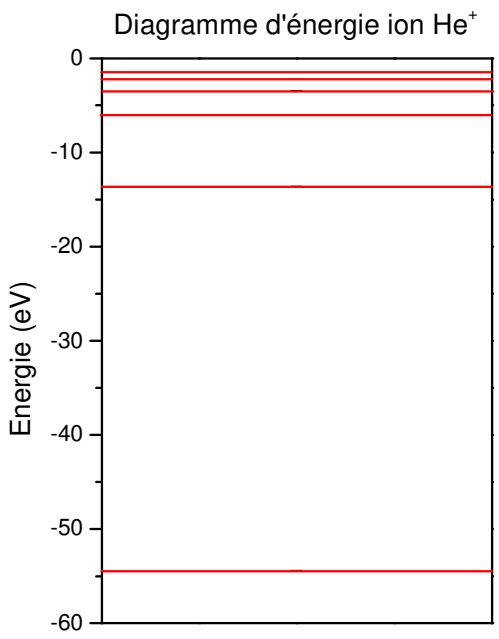
c) Le spectre d'émission (désexcitation) de l'atome d'hélium He^+ ionisé se compose de séries de raies donc la longueur d'onde vérifie la relation :

$$\frac{1}{\lambda} = 4.R_H\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right)$$

Calculer, en nm, les longueurs d'onde d'émission des deux premières raies de la série dite de Pickering (n_1=4)

d) Calculer en joules, puis en électronvolts, les variations d'énergie correspondant à l'émission de la première radiation.

e) Considérons maintenant le spectre d'absorption (excitation) de l'ion He^+. Il existe une valeur limite correspondant à une longueur d'onde d'absorption minimale. A quel phénomène est associée cette radiation ? Quel est la valeur de cette longueur d'onde dans le cas on l'on part d'un ion He^+ à l'état fondamental ?



4°) Ions hydrogénoïdes

On trouve dans les étoiles des atomes ionisés qui ont perdu tous les électrons sauf un. Les niveaux d'énergie de ces ions hydrogénoïdes sont donnés par l'équation :

$E = -13{,}6(\frac{Z}{n})^2$ (eV) où Z est le numéro atomique de l'atome.

Calculer l'énergie du niveau fondamental pour Li^{2+}. En déduire son énergie d'ionisation (en eV puis en $J.mol^{-1}$). Calculer la longueur d'onde du rayonnement nécessaire pour ioniser Li^{2+}.

5°) L'effet photoélectrique correspond à l'émission d'électrons par un métal sous l'effet d'une interaction avec un photon lumineux. Cet effet est notamment utilisé dans les cellules photoélectriques qui permettent l'ouverture des portes automatiques.

Le tableau suivant donne les valeurs des énergies d'extraction pour quelques métaux.

Métal	Energie d'extraction (eV)
Zinc	3.60
Strontium	2.06
Césium	1.90

- Sachant qu'on éclaire le métal avec un laser ayant une longueur d'onde λ=589 nm, pour quels métaux observera-t-on la production d'un courant ?

- Que devient l'énergie en excès ?

<u>données</u> : $h = 6.62\ 10^{-34}$ J.s $c = 3\ 10^{8}$ m.s^{-1} 1 eV = $1.6\ 10^{-19}$ J $R_H = 109677.57$cm^{-1}

131EN001 - Structure et propriétés des atomes - TD n°4

Nombres quantiques et configuration électronique (1h)

1) Dans un atome, chaque électron est défini par les quatre nombres quantiques n, l, m et s. Que définissent-ils? Rappeler les règles qui président à leurs valeurs numériques.

2) Indiquer parmi les quadruplets suivants celui ou ceux qui est (sont) impossible(s) :

- n = 3 ; l = 2 ; m = 0 ; s = 1/2
- n = 2 ; l = 2 ; m = -l ; s = -1/2
- n = 3 ; l = 0 ; m = 0 ; s = -1/2
- n = 3 ; l = 1 ; m = 0 ; s = 1/2
- n = 2 ; l = 1 ; m = -1 ;s = 0

Donner la forme des orbitales correspondantes.

3) Rappeler les principes qui déterminent l'ordre de remplissage des orbitales atomiques pour un atome dans son état fondamental. Retrouver la règle de KLECHKOWSKY.

Etablir les configurations électroniques complètes et réduites des atomes suivants : F, Al, Cr, Hf et des atomes de numéro atomique Z = 18, 29 et 47.

Distinguer les électrons de cœur et les électrons de valence. Certains de ces atomes possèdent des électrons célibataires. Lesquels ? Conséquence ?

4) Etablir les configurations électroniques :

- du cinquième élément de la première série des métaux de transition
- du cation formé à partir du zinc

5) Donner la configuration électronique complète du phosphore et les valeurs des 4 nombres quantiques pour les électrons de valence du phosphore à l'état fondamental. Combien y a-t-il d'électrons célibataires ?

6) Préciser la configuration électronique des atomes ou des ions de la série suivante

- Na^{+}, O^{2-}, Al^{3+}, Ne

<u>Auto-apprentissage</u>

- Retrouver la configuration complète et réduite de l'atome de numéro atomique Z = 12 et de l'étain
- On trouve le bismuth dans la sixième période de la classification périodique et dans la colonne de l'azote. Quel est son numéro atomique ? En déduire sa configuration électronique.
- Préciser la configuration électronique des atomes ou des ions des séries suivantes :
  - Be^{2+}, Li^{+}, He, H^{-}
  - Ca^{2+}, S^{2-}, Ti^{4+}, P^{3-}, Ar

131EN001 - Structure et propriétés des atomes - TD n°5

La classification périodique (1h30)

Mots clés : numéro atomique, configuration électronique, famille, période, couche de valence, potentiel d'ionisation, électronégativité, rayon ionique.

1) Énergie d'ionisation

a) L'énergie de 1ère ionisation de l'hélium est de 2 370 $kJ.mol^{-1}$. Définir l'énergie d'ionisation. Pourquoi celle de l'atome d'hélium est-elle si élevée ?

b) Quel est l'élément dont l'énergie de deuxième ionisation est la plus élevée ? justifier.

c) Quelle est la longueur d'onde maximale de la radiation capable d'ioniser l'atome d'hélium ?

d) Déterminer l'énergie nécessaire, en eV et en J, pour obtenir l'ion N^{3+}, sachant que les énergies d'ionisation de l'azote sont :

E_{i1} = 14,5 eV E_{i2} = 24,4 eV E_{i3} = 47,3 eV.

e) Choisir, en justifiant la réponse, l'espèce qui a l'énergie de 1ère ionisation la plus grande :

B ou C	N ou P	F ou Na
Al ou Al^+	K^+ ou Ca^+	N ou O

f) Attribuer à chaque élément le couple de valeurs des énergies de première et de deuxième ionisation qui lui correspond :

Éléments : $_3$Li, $_5$B, $_9$F, $_{10}$Ne, $_{11}$Na et $_{20}$Ca.

Couples de valeurs en eV : (5,14 ; 47,29) ; (6,11 ; 11,87) ; (17,42 ; 34,98) ; (8,30 ; 25,15) ; (21,51 ; 41,07) ; (5,39 ; 75,62).

g) Quel est l'ion le plus courant formé à partir de chacun des éléments de la liste précédente ?

2) Rayon atomique et rayon covalent

a) Les rayons de covalence de H et de F sont respectivement égaux à 0,037 nm et 0,064 nm. Calculer la longueur théorique de la liaison HF.

b) Quelle est la longueur théorique de la liaison BrF sachant que le rayon de covalence de Br est 0,114 nm ?

c) Classer dans chacune des séries suivantes les différents atomes du plus petit au plus volumineux :

Li, B, O, C, Na Li, Na, K, Rb P, S, As

3) L'azote dans la classification périodique

L'azote est l'élément de numéro atomique Z = 7.

a) Quelle est la configuration électronique de l'atome à l'état fondamental ?

b) On donne les rayons atomiques (en nm) pour les éléments de la période de l'azote :

Élément	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
Rayon (nm)	0,134	0,125	0,090	0,077	0,075	0,073	0,071	0,065

Tracer le rayon atomique en fonction de Z. Justifier l'évolution du rayon dans la période de l'azote.

c) On donne les énergies de première ionisation E.I. en eV pour les éléments de la période de l'azote :

Élément	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
E.I. / eV par atome	5,4	9,3	8,3	11,3	14,5	13,6	17,4	21,6

Justifier l'évolution de E.I. dans cette période (expliquer en particulier les deux anomalies apparentes).

4) <u>Mise en ordre d'atomes et d'ions</u>

a) Classer les espèces suivantes par ordre croissant en justifiant votre réponse :

- d'énergies de première ionisation : $_{8}O$, $_{10}Ne$, $_{11}Na$, $_{11}Na^{+}$

b) Choisir, en justifiant, l'atome ou l'ion le plus gros :

B et Si Br^{+} et Br^{-} S et S^{2-} I^{-} et Cs^{+}

5) <u>Electronégativité et liaison chimique</u>

a) Classer les atomes suivants par ordre croissant d'électronégativité en justifiant votre réponse :

Fluor, Carbone, Magnésium, Silicium, Béryllium, Oxygène

b) Prédire le type de liaison (ionique, covalente pure ou covalente polarisée) formé dans les composés diatomiques suivants :

Br_2 ; NaBr ; CO ; NaH

⇨ valeurs d'électronégativité (χ) des atomes : H : χ=2,1 ; C : χ=2,5 ; O : χ=3,5 ; Na : χ=0,9 ; Br : χ=2,8

On précise qu'une liaison covalente fortement polarisée est généralement considérée comme ionique.

<u>Auto-apprentissage</u>

<u>Métaux, non-métaux, semi-métaux</u>

a) Classez les éléments suivants en métaux, non-métaux et semi-métaux ; avant de répondre, vous écrirez leur nom, vous préciserez leur numéro atomique :

Cr Si Cl As W Hg

b) Classez les éléments suivants dans l'ordre décroissant de leur conductibilité :

Al, Si, P Se, Te, Po

131EN001 - Structure et propriétés des atomes - TD n°6

Radioactivité – réactions nucléaires – fission – fusion (1h30)

1) Quels sont les trois principaux modes de désintégration radioactive ; quelles sont, pour chacun d'eux, les relations entre les numéros atomiques de l'atome-mère et de l'atome-fille ?

2) **a)** En 1919, RUTHERFORD, en bombardant de l'azote 14 par des noyaux d'hélium, a produit l'isotope 17 de l'oxygène, qui est un isotope stable. Écrivez la réaction correspondante ; comment appelle-t-on aussi un faisceau de noyaux d'hélium ?

b) En 1934, Frédéric et Irène JOLIOT-CURIE ont produit du phosphore 30, ^{30}P, par bombardement d'une plaque d'aluminium ^{27}Al, par des rayons α : écrivez la réaction. Ce phosphore 30 se transforme spontanément en silicium 30 : écrivez la réaction.

c) Écrivez la réaction nucléaire entre l'isotope ^{2}H de l'hydrogène et le béryllium 9, ^{9}Be, qui donne naissance à du bore 10, ^{10}B ; comment appelle-t-on l'autre produit de cette réaction ?

3) La rencontre d'un atome d'uranium 235 et d'un neutron peut conduire :

- à la formation de ^{92}Kr et de ^{142}Ba,
- à la formation de ^{90}Sr et de ^{142}Xe.

Ecrivez les équations-bilans ; comment appelle-t-on ce type de réaction ?
Quelle autre particule obtient-on ?
Quelle est la conséquence du coefficient stœchiométrique de cette particule dans les produits de ces réactions ?

4) La composante neutronique du rayonnement cosmique transforme l'azote atmosphérique en isotope 14 du carbone. Écrire, en explicitant les numéros atomiques et de masse, l'équation nucléaire correspondante.

Le carbone 14 subit la décomposition radioactive avec une période de 5580 ans selon une radioactivité □-. L'énergie cinétique moyenne des électrons émis est 0,050 MeV. Écrire l'équation nucléaire de décomposition radioactive.

Le produit d'une fouille est censé être une sandale de la reine Hatshepsout. On effectue le dosage de carbone 14 d'un morceau de cuir de cette sandale. On trouve 8,7 désintégrations par minute et par gramme de carbone. Sachant que le nombre de désintégrations par minute et par gramme de carbone d'un organisme vivant est 12,5 et que la reine Hatshepsout régnait en 1500 ± 20 ans avant Jésus-Christ, y a-t-il eu supercherie ? Si oui, de combien d'années ?

5) Le soufre 35 (^{35}S) est radioactif β^- avec une période de 88 jours. Au bout de combien de temps, la quantité de soufre ^{35}S contenue dans un échantillon aura-t-elle diminué de 10 % ?

6) **La scintigraphie**

L'image scintigraphique utilise des traceurs et des marqueurs. Un traceur est une substance qui peut se focaliser de façon sélective au niveau d'une structure particulière de l'organisme. Un marqueur est un radionucléide qui se prête aisément à une détection externe. Il émet des rayonnements γ qui sont détectés à l'extérieur de l'organisme à l'aide d'une gamma-caméra. L'association d'un traceur et d'un marqueur permet, grâce au marqueur, de suivre l'évolution du traceur dans l'organisme. Pour réaliser des scintigraphies thyroïdiennes, l'iode radioactif est le traceur physiologique de référence, il sert à la fois de traceur et de marqueur. On utilise pour cela soit l'iode 131, $^{131}_{53}I$, soit l'iode 123, $^{123}_{53}I$.

Généralités

1. Donner la structure des noyaux des deux isotopes de l'iode.
2. L'iode 123 est produit par réaction nucléaire entre un deutérium $^{2}_{1}H$ de haute énergie et du tellure $^{122}_{52}Te$. Écrire l'équation correspondant à la réaction nucléaire.

Utilisation de l'iode 123 émetteur γ pur de demi-vie $t_{1/2}$ = 13,2 h.

1. Pour une scintigraphie thyroïdienne, il faut injecter à un patient adulte une quantité d'iode 123 d'activité A_0 égale à 6,4 MBq (mégabecquerels). Tracer la courbe représentant A en fonction du temps t (on tracera la courbe sans calculatrice : on représentera simplement les activités correspondant à $t_{1/2}$; $2t_{1/2}$; $3t_{1/2}$; $4t_{1/2}$; $5t_{1/2}$; …)

2. La réalisation des images se fait entre 2 et 4 h après administration de l'iode. Évaluer l'activité de l'iode 123 au bout de 4 h.
3. Que vaudrait-elle si on réalisait, comme dans le cas de l'iode 131, une image 24 h après l'injection ?
4. Calculer, à partir de la valeur de A, le nombre N de noyaux radioactifs d'iode 123 au bout de 4 h.

Données : *Masse du noyau d'iode 123 : 122,87652 u* *Masse du proton : 1,00728 u*

Masse du noyau d'iode 131 : 130,87705 u Masse du neutron : 1,00866 u

Masse du noyau de xénon : 130,87545 u *Masse de l'électron : $5{,}4858.10^{-4}$ u*
Energie de masse E associée à l'unité de masse atomique u : E = 931,5 MeV
1 eV = $1{,}6.10^{-19}$ J
On rappelle, à titre indicatif, la valeur de l'unité de masse atomique : 1 u = $1{,}66.10^{-27}$ kg et la valeur de la vitesse de la lumière c = 3.10^{8} m.s^{-1}.

Auto-apprentissage

7) Un noyau d'hydrogène 1, ^{1}H, et un noyau de lithium 7, ^{7}Li, réagissent et forment 2 noyaux d'hélium (*J.D.S COCKROFT et E.T.S. WALTON, Proc. Roy. Soc. A 129,* ***477*** *(1930) ; 136,* ***619*** *(1932)*).

- Écrivez la réaction.
- Calculez l'énergie mise en jeu par cette réaction.
- Cette énergie est-elle consommée ou produite ?

Données : C = 3 10^{8} m.s^{-1}

Noyau	*^{1}H*	*^{7}Li*	*^{4}He*
Masse en g.mol^{-1}	*1,00812*	*7,01822*	*4,00391*

8) En 1983 fut découverte l'épave d'un drakkar dans la vase du port de Roskilde (à l'ouest de Copenhague). Pour valider l'hypothèse indiquant que ce navire est d'origine viking, une datation au carbone 14 est réalisée sur un échantillon de bois prélevé sur sa coque.
Nous savons que la période Viking s'est étendue entre 793 et 1066 de notre ère et que le nombre de désintégrations par minute et par gramme de carbone d'un organisme vivant est N_0=12,5 et que la période de demi-vie du carbone 14 est de 5580 ans.

- Donnez les valeurs limites de vitesse de désintégration du Carbone 14 correspondant à l'ère Viking que vous devriez mesurer afin de valider cette hypothèse.

9) Le plutonium ^{239}Pu a une activité de désintégration radioactive A_0=2,295.10^{9} désintégrations par seconde et par gramme (Bq/g). Sachant qu'il faut 160 000 ans pour que son activité ne représente plus que 1% de son activité initiale. Calculer le temps de demi-vie du plutonium 239.