

BACCALAURÉAT PROFESSIONNEL

ENVIRONNEMENT NUCLÉAIRE

SUJET

E11

Cette sous-épreuve comporte 7 pages :

- sujet : 5 pages de 2/7 à 6/7
- formulaire : 1 page 7/7

SUJET		Session 2011	
Baccalauréat Professionnel ENVIRONNEMENT NUCLÉAIRE			
Sous épreuve E11 : Physique nucléaire - Détection des rayonnements - Radioprotection			
Code : 1106-EN ST 11	Durée : 3 heures	Coefficient : 3	Page : 1/7

Première partie (11,5 points)

Pour produire de l'électricité, une centrale nucléaire utilise la chaleur produite par des réactions de fission de l'uranium 235 qui constitue le combustible nucléaire. On relève dans la littérature ce qui suit.

« Les minerais d'uranium contiennent essentiellement 2 **isotopes** dans les proportions : 99,3% d'uranium 238 et 0,7% d'uranium 235.

Le combustible des centrales nucléaires est un mélange enrichi en uranium 235 : la proportion de l'isotope 235 dans le combustible nucléaire est supérieure à 0,7%. En effet, seuls les noyaux d'uranium 235 sont fissiles, c'est-à-dire susceptible de subir une **fission nucléaire** sous l'action d'un neutron.

Le plutonium n'existe pas dans la nature. Le plutonium est un sous produit obtenu, dans les réactions des centrales nucléaires, à partir d'uranium 238. On peut en effet schématiser la formation d'un noyau de plutonium 241 par l'équation de réaction nucléaire suivante : »



n est le symbole d'un neutron, β^{-} est le symbole d'une particule émise, x et y sont des coefficients entiers à déterminer.

Une fois formé, le plutonium 241 est lui-même fissile sous l'action d'un bombardement neutronique avec une **demi-vie** de l'ordre d'une dizaine d'années.

1 Généralités (5.75 points)

1.1 Définir les termes suivants contenus dans le texte précédent :

- noyaux isotopes,
- fission nucléaire,
- demi-vie.

1.2 Donner la composition d'un noyau de plutonium 241.

1.3 Préciser le nombre de masse et le numéro atomique de chacune des deux particules « n » et « β^{-} » notées dans la réaction (1).

1.4 En énonçant les lois utilisées, déterminer les valeurs de x et de y dans l'équation (1).

1.5 Propriétés des désintégrations radioactives.

1.5.1 Donner les caractéristiques des transformations radioactives en complétant les phrases ci-dessous à l'aide des mots ou expressions proposés.

a) La transformation radioactive d'un noyau possède un caractère

Mots proposés :

prévisible	aléatoire	périodique
------------	-----------	------------

b) La désintégration d'un noyau.....celle d'un noyau voisin.

Expressions proposées :

n'affecte pas	modifie	est perturbée par
---------------	---------	-------------------

c) Un noyau « âgé » ade se désintégrer qu'un noyau « jeune ».

Expressions proposées :

plus de chance	moins de chance	autant de chance
----------------	-----------------	------------------

d) L'évolution d'une population d'un grand nombre de noyaux radioactifs possède un caractère

Mots proposés :

prévisible	aléatoire	périodique
------------	-----------	------------

1.5.2 On propose trois expressions mathématiques pour représenter l'évolution du nombre N de noyaux de l'uranium 235 restant dans l'échantillon en fonction du nombre n de périodes radioactives et de N_0 le nombre de noyaux initiaux. (Ln désignant la fonction mathématique « logarithme népérien »)

(a) $N = N_0 e^{-n \text{Ln } 2}$

(b) $N = N_0(1 - n \text{Ln } 2)$

(c) $N = N_0 e^{n \text{Ln } 2}$

a) Compléter le tableau suivant (on prendra $N_0 = 3 \times 10^{20}$) :

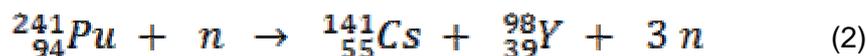
	$n = 0$	$n = 10$
$N = N_0 e^{-n \text{Ln } 2}$		
$N = N_0(1 - n \text{Ln } 2)$		
$N = N_0 e^{n \text{Ln } 2}$		

b) En déduire l'expression de N à retenir parmi les propositions (a), (b) et (c), en justifiant avec les valeurs calculées dans le tableau.

2 Détermination des énergies libérées par le plutonium 241 (2.5 points)

2.1 Fission du plutonium 241

Elle se fait selon l'équation :



a) Calculer, en MeV, la valeur de l'énergie E_F libérée lors de la fission d'un noyau de plutonium 241.

b) Expliquer pourquoi on dit qu'une réaction de ce type peut donner lieu à une réaction en chaîne.

2.2 Désintégration β^- du plutonium 241

Le plutonium 241 est aussi émetteur β^- . La désintégration se fait selon l'équation :



Calculer, en MeV, la valeur de l'énergie E_D libérée lors de la désintégration β^- d'un noyau de plutonium 241.

3 Comparaison des énergies (1.25 point)

- 3.1 Expliquer la transformation intervenant au niveau du noyau du plutonium lors de la désintégration β^- .
- 3.2 Comparer E_D et E_F en calculant le rapport $\frac{E_F}{E_D}$.
- 3.3 Peut-on affirmer que les interactions responsables de la fission sont plus fortes que celles responsables de la désintégration β^- ?

4 Étude expérimentale de la radioactivité du plutonium 241 (2 points)

Une étude de l'activité d'un échantillon contenant du plutonium 241 permet d'obtenir à différentes dates le rapport du nombre de noyaux non encore désintégrés N sur la population initiale N_0 de noyaux dans l'échantillon.

Les résultats expérimentaux ont été consignés dans le tableau ci-dessous :

t (ans)	0	3	6	9	12
$\frac{N}{N_0}$	1	0,85	0,73	0,62	0,53

- 4.1 En utilisant le repère fourni en **annexe (à remettre avec la copie)**, représenter $\frac{N}{N_0}$ en fonction de t.
- 4.2 Déterminer graphiquement la période radioactive du plutonium 241.
- 4.3 Retrouver le résultat précédent par le calcul.
On donne la constante radioactive : $\lambda = 0.053 \text{ an}^{-1}$.

Deuxième partie 8,5 points

1. Un «tuyauteur» intervient pour le démantèlement d'une installation dans un local situé dans le Bâtiment des Auxiliaires Nucléaires. Son intervention nécessitera 110 h de présence. Le panneau de renseignement des conditions radiologiques indique une ambiance de 0,35 mSv/h ; contamination atmosphérique négligeable.
 - 1.1. Quelle est la couleur du trisecteur et ses valeurs ?
 - 1.2. Calculer l'équivalent de dose intégré en raison de l'ambiance pour la durée de l'intervention.
 - 1.3. Quels sont les risques radiologiques encourus par le tuyauteur pendant l'intervention ?

2. Pour cette intervention de 110 h et afin de réduire l'ambiance de 0,35 mSv/h nous plaçons un écran de plomb d'épaisseur 1/10 autour d'une conduite. En supposant que l'ambiance est uniquement due à cette conduite :
 - 2.1 Calculer le Débit d'Equivalent de Dose (DeD) ambiant après interposition de l'écran.
 - 2.2 Calculer l'équivalent de dose ambiant après interposition de l'écran.

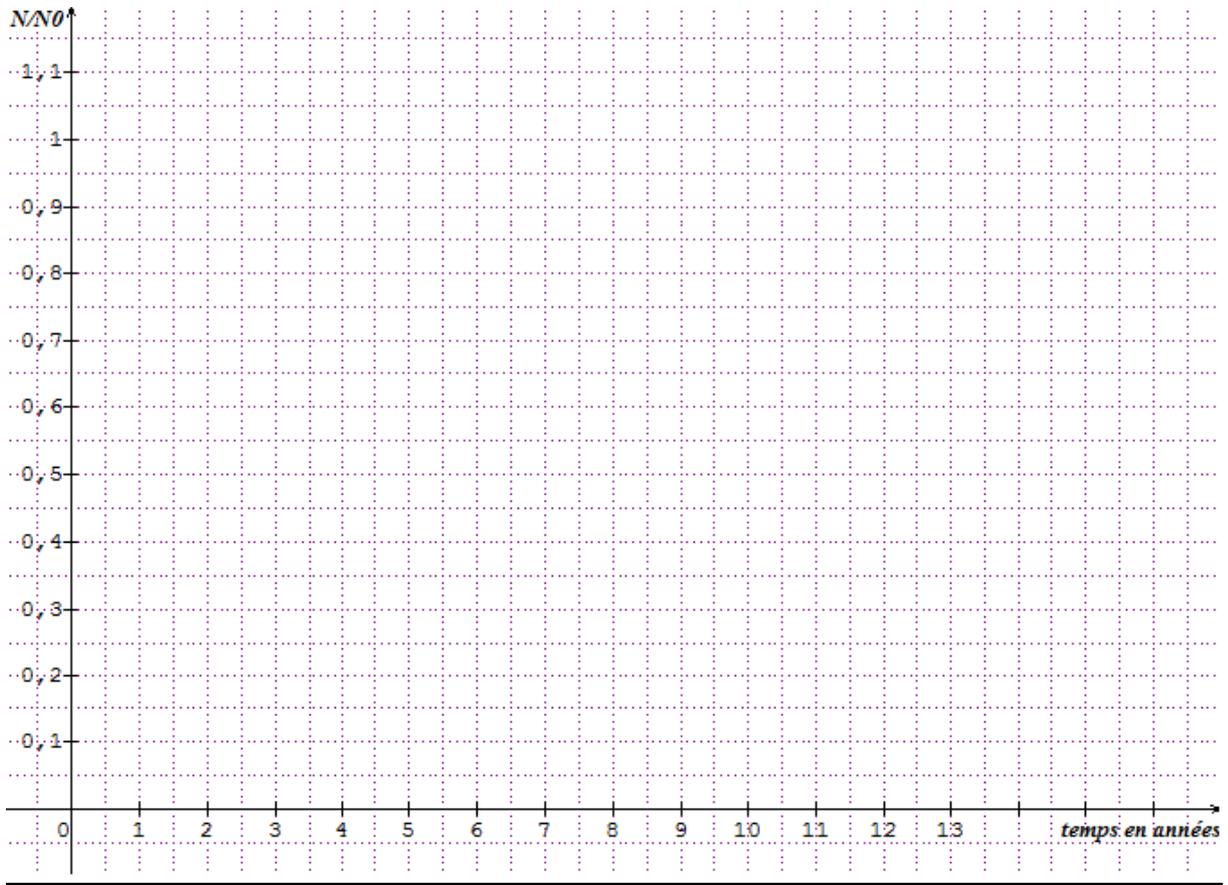
3. Pendant le démantèlement le tuyauteur doit procéder à la découpe d'un élément de tuyauterie à 6 mètres d'une pompe qui présente un DeD de 18 mSv/h à 1 mètre.
 - 3.1 Calculer le DeD intégré par l'opérateur qui travaille à 6 m de la pompe.
 - 3.2 Sachant que le temps nécessaire à la découpe est de 45 mn, calculer l'équivalent de dose intégré à 6 m de la pompe.
 - 3.3 Déterminer le nombre d'épaisseur $\frac{1}{2}$ nécessaire pour obtenir un DeD à un 1 mètre et inférieur à 3 mSv/h.

4.
 - 4.1 Pendant son intervention en zone contrôlée, quel est le seul moyen légal dont dispose le tuyauteur pour connaître l'équivalent de dose intégré ?
 - 4.2 Quel est l'organisme officiel qui gère ce moyen légal ?
 - 4.3 De quel ministère dépend cet organisme ?

5. La recherche d'un point chaud donne un DeD de 0,9 mSv/h à 50 cm et 0,7 mSv/h à 1m. Le fonctionnement et le mode de mesure du radiamètre ne peuvent-êtr mis en cause. Ces résultats sont-ils cohérents ? Justifier votre réponse.

ANNEXE

(À remettre avec la copie)



Formulaire

On donne les valeurs numériques suivantes (u est le symbole de l'unité de masse atomique)

- . Célérité de la lumière dans le vide : $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
- . Unité de masse atomique : $1 \text{ u} = 1,660 54 \times 10^{-27} \text{ kg}$.
- . Masse du neutron : $m(n) = 1,008 66 \text{ u}$.
- . Masse de la particule β^- : $m(\beta^-) = 0,000 55 \text{ u}$.
- . Masse du noyau de plutonium 241 : $m(\text{Pu}) = 241,005 14 \text{ u}$.
- . Masse du noyau d'américium 241 : $m(\text{Am}) = 241,004 57 \text{ u}$.
- . Masse du noyau d'yttrium 98 : $m(\text{Y}) = 97,900 70 \text{ u}$.
- . Masse du noyau de césium 141 : $m(\text{Ce}) = 140,793 52 \text{ u}$.
- . Charge élémentaire : $e = 1,602 177 \times 10^{-19} \text{ C}$

Nombre d'Avogadro : $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

$$1 \text{ u} = 931,494 \text{ MeV}$$

$$\lambda = \ln(2)/T$$

$$1 \text{ kWh} = 3600 \text{ kJ}$$

$$1 \text{ MeV} = 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ J}$$

$$E_A = \frac{E}{A} \quad \text{avec} \quad \begin{cases} E : \text{l'énergie de liaison} \\ \text{et} \\ E_A : \text{l'énergie de liaison par nucléon} \end{cases}$$