



SERVICES CULTURE ÉDITIONS
RESSOURCES POUR
L'ÉDUCATION NATIONALE

**Ce document a été numérisé par le CRDP de Montpellier pour la
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel**

Ce fichier numérique ne peut être reproduit, représenté, adapté ou traduit sans autorisation.

BACCALAURÉAT PROFESSIONNEL

SUJET

ENVIRONNEMENT NUCLÉAIRE

E 11

Cette sous-épreuve comporte 9 pages :

- Sujet 5 pages de 2/9 à 5/9
 - Annexes 4 pages de 6/9 à 9/9 (dont un formulaire page 9/9)
- L'annexe 2 est à rendre avec la copie**

SUJET		Session 2009	
Baccalauréat Professionnel ENVIRONNEMENT NUCLÉAIRE			
Sous épreuve E11 : Physique nucléaire - Détection des rayonnements - Radioprotection			
Code : 09 ENST11	Durée : 3 heures	Coefficient 3	Page : 1 /9

Sujet

Exercice 1 : (1,5 point)

Le potassium 40 (${}^{40}_{19}\text{K}$) est un élément radioactif naturel que contient notre organisme.

- 1.1 Donner le nom et le nombre des constituants du noyau de potassium 40.
- 1.2 À l'aide d'une partie d'un diagramme N,Z (**ANNEXE 1**), préciser la nature de la désintégration de cet élément.
- 1.3 Expliquer ce qui se passe au niveau de son noyau.
- 1.4 Écrire son équation de désintégration.

Exercice 2 : (2,5 points)

On trouve le carbone sous 3 formes : le carbone 12 « ${}^{12}_6\text{C}$ », le carbone 13 « ${}^{13}_6\text{C}$ » et le carbone 14 « ${}^{14}_6\text{C}$ ».

Le carbone 14 est utilisé pour dater des objets ou fossiles anciens. Sa période (demi-vie) est de 5 700 ans.

Un gramme de carbone pur extrait d'un être vivant présente une activité due au carbone 14 de 0,227 Bq.

- 2.1 Définir la période d'un élément radioactif.
- 2.2 Quels points communs relient les nucléides ${}^{12}_6\text{C}$, ${}^{13}_6\text{C}$ et ${}^{14}_6\text{C}$? Comment appelle-t-on de tels nucléides ?
- 2.3 Calculer en s^{-1} , la constante radioactive du carbone 14.
- 2.4 On dispose d'une roche fossile qui émet 17 désintégrations toutes les 10 minutes par gramme de carbone.
 - 2.4.1 Calculer l'activité, en Bq, d'un gramme de carbone de la roche fossile.
 - 2.4.2 Calculer le nombre de périodes correspondant. Arrondir à l'unité.
 - 2.4.3 En déduire l'âge du fossile.

Exercice 3 : (1,5 point)

Un échantillon de césium 137 (${}^{137}\text{Cs}$) a une activité de 9×10^3 Bq. La période du césium 137 est de 30 ans.

- 3.1 Calculer l'activité de l'échantillon au bout de 7 périodes. Arrondir à l'unité.
- 3.2 Dans le repère semi-log donné en **ANNEXE 2** (à rendre avec la copie), tracer la courbe de décroissance radioactive.
- 3.3 Graphiquement, déterminer le nombre de périodes nécessaires pour avoir une activité inférieure à 10 Bq. En déduire le temps correspondant.

SUJET		Session 2009	
Baccalauréat Professionnel ENVIRONNEMENT NUCLÉAIRE			
Sous épreuve E11 : Physique nucléaire - Détection des rayonnements - Radioprotection			
Code : 0906-EN ST 11	Durée : 3 heures	Coefficient 3	Page : 2 / 9

Exercice 4 : (2,5 points)

Un noyau de plutonium $^{241}_{94}\text{Pu}$ bombardé par un neutron donne du césium $^{141}_{55}\text{Cs}$ et de l'yttrium $^{98}_{39}\text{Y}$.

4.1 Recopier et compléter l'équation de fission. On pourra s'aider de l'ANNEXE 3.



4.2 Une réaction de ce type peut-elle donner une réaction en chaîne ? Justifier votre réponse.

4.3 Calculer en MeV l'énergie libérée par cette réaction de fission. Arrondir à l'unité.

Exercice 5 : (3,5 points)

On considère que la réaction nucléaire sur la surface du soleil est la fusion de quatre noyaux d'hydrogène en un noyau d'hélium. Cette réaction est le bilan des trois réactions de fusions suivantes :

- a- la fusion de deux noyaux d'hydrogène (ou protons ^1_1H) produit un noyau de deutérium (^2_1H).
- b- le noyau de deutérium capture un autre proton et forme un noyau d'hélium 3 (^3_2He).
- c- deux noyaux d'hélium 3 fusionnent en un noyau d'hélium 4 (^4_2He).

- 5.1 Traduire en équations les données a - b - c, ci-dessus.
- 5.2 En partant de quatre noyaux d'hydrogène, montrer qu'on obtient un noyau d'hélium 4 et deux positons.
- 5.3 Calculer, en unité de masse atomique, la perte de masse due à la fusion des quatre noyaux d'hydrogène.
- 5.4 Calculer, en MeV, l'énergie libérée par la fusion des quatre noyaux d'hydrogène.
- 5.5 Le Soleil transforme environ 550 millions de tonnes de noyaux d'hydrogène en noyaux d'hélium chaque seconde.
Montrer par le calcul que la perte de masse subie chaque seconde par le soleil est de 4,38 millions de tonnes.

SUJET		Session 2009	
Baccalauréat Professionnel ENVIRONNEMENT NUCLÉAIRE			
Sous épreuve E11 : Physique nucléaire - Détection des rayonnements - Radioprotection			
Code : 0906-EN ST 11	Durée : 3 heures	Coefficient 3	Page : 3 /9

Exercice 6 : (2 points)

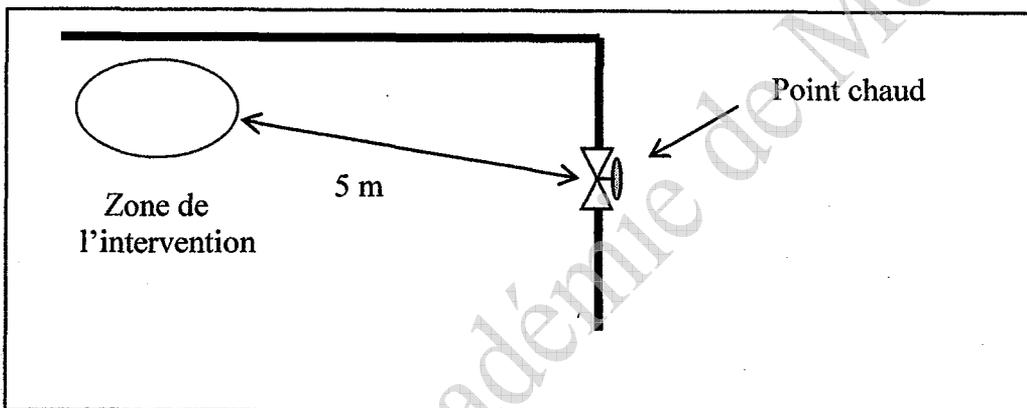
Un agent de catégorie A doit faire une intervention dans un local dont le débit de dose ambiant est de $0,20 \text{ mSv/h}$.

L'intervention est prévue pour une durée de 70 heures de présence par mois pendant deux mois.

- 6.1 Calculer l'équivalent de dose intégré en raison de l'ambiance pour la durée de l'intervention.
- 6.2 Dans ces conditions, le même agent pourra-t-il faire l'intervention complète ? Justifier votre réponse.
- 6.3 On considère que l'ambiance est uniquement due à une robinetterie. On décide de disposer un écran 1/10 autour de cette conduite. Préciser le rôle de cet écran.
- 6.4 Calculer le débit de dose ambiant après l'installation de cet écran.
- 6.5 Dans ces conditions, le même agent pourra-t-il faire l'intervention complète ? Justifier votre réponse.

Exercice 7 : (2 points)

Soit le plan d'un local dans lequel une intervention d'une durée de 75 minutes est prévue sur une vanne. On a décelé dans le local une seconde vanne qui présente un débit d'équivalent de dose de $2,2 \text{ mSv/h}$ à 1 mètre.



- 7.1 Calculer la valeur du débit de dose dans la zone d'intervention.
- 7.2 En déduire la dose équivalente intégrée par l'intervenant pendant l'intervention.
- 7.3 Peut-on avec un écran $\frac{1}{2}$ et $\frac{1}{10}$ avoir un débit de dose équivalent inférieur à $7 \mu\text{Sv/h}$? Justifier votre réponse.

Exercice 8 : (1,5 point)

Un agent doit intervenir dans un local. L'ambiance mesurée est de $50 \mu\text{Sv/h}$.

- 8.1 Le local est-il classé en zone surveillée ou zone contrôlée ? Préciser le pictogramme ainsi que ses seuils de débit de dose équivalent.
- 8.2 Lors de son arrivée sur le lieu d'intervention, l'agent mesure l'ambiance et trouve une valeur de $60 \mu\text{Sv/h}$.
 - 8.2.1 Quel appareil va-t-il utiliser pour cette mesure ?
 - 8.2.2 Il détecte un écart. Quel service doit-il contacter ?

SUJET		Session 2009	
Baccalauréat Professionnel ENVIRONNEMENT NUCLÉAIRE			
Sous épreuve E11 : Physique nucléaire - Détection des rayonnements - Radioprotection			
Code : 0906-EN ST 11	Durée : 3 heures	Coefficient 3	Page : 4 / 9

Exercice 9 : (3 points)

Un incident libère dans un local de 200 m^3 , une activité de $1,6 \times 10^5 \text{ Bq}$ d'iode 131.

9.1 Que signifient les sigles L.D.C.A et $A_{I_{20}}$?

9.2 Calculer la L.D.C.A de l'iode 131.

9.3 Calculer l'activité volumique dans le local. Dépasse-t-on la L.D.C.A du radionucléide ?

9.4 Un agent doit intervenir dans ce local, quels sont les risques radiologiques ?

9.4 L'agent doit entrer dans le local, citer le moyen de protection qu'il doit utiliser.

Donnée : $A_{I_{20}}$ par inhalation de l'iode 131 : $1,68 \text{ MBq}$

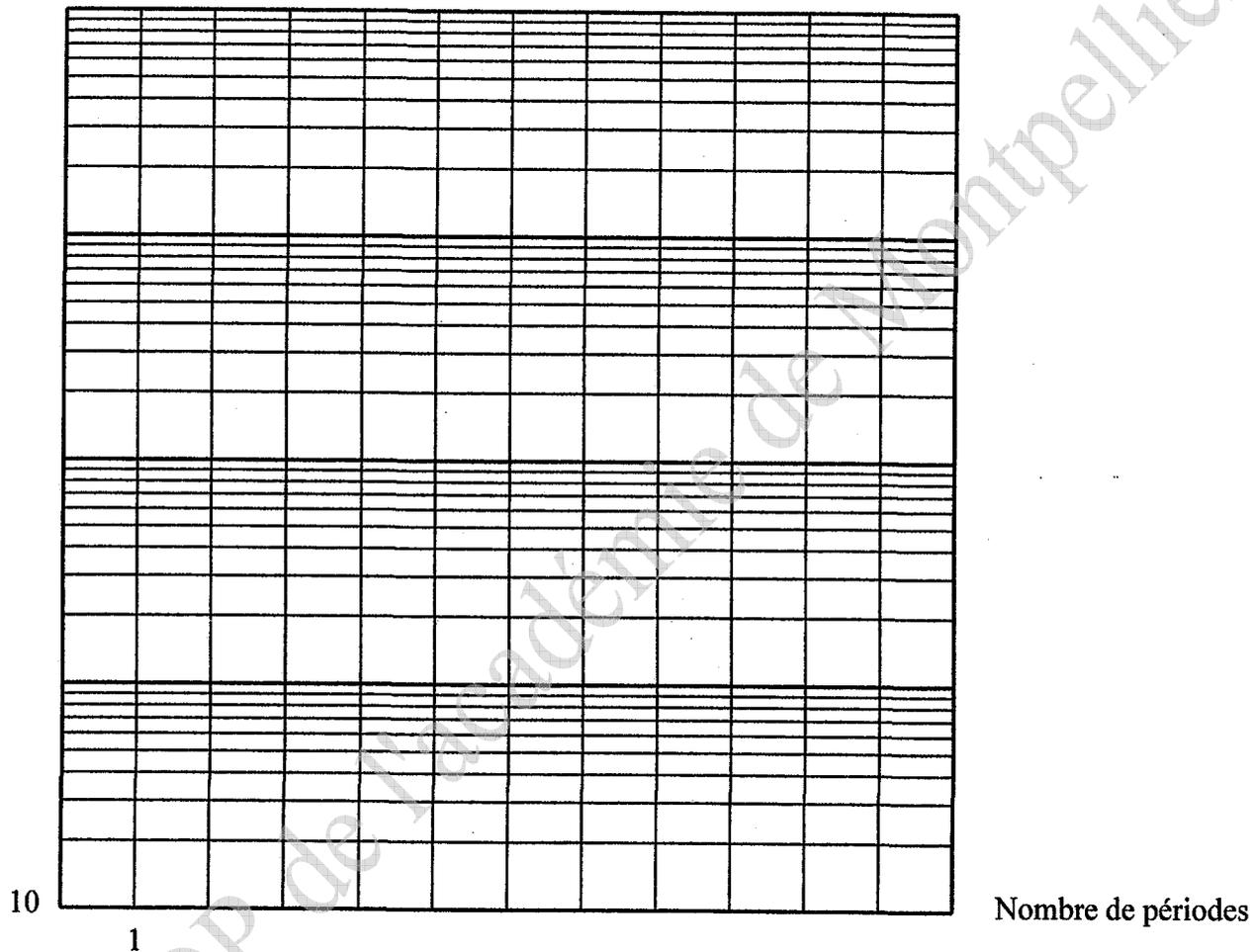
CRDP de l'académie de Montpellier

SUJET		Session 2009	
Baccalauréat Professionnel ENVIRONNEMENT NUCLÉAIRE			
Sous épreuve E11 : Physique nucléaire - Détection des rayonnements - Radioprotection			
Code : 09 ENST11	Durée : 3 heures	Coefficient 3	Page : 5 /9

ANNEXE 2
(À rendre avec la copie)

Repère semi-log.

A (Bq)



SUJET		Session 2009	
Baccalauréat Professionnel ENVIRONNEMENT NUCLÉAIRE			
Sous épreuve E11 : Physique nucléaire - Détection des rayonnements - Radioprotection			
Code : 09 ENST11	Durée : 3 heures	Coefficient 3	Page : 7 / 9

ANNEXE 4

Formulaire

$$A = A_0 \times e^{-\lambda t}$$

$$1 \text{ u} = 1,6605 \times 10^{-27} \text{ kg} = 931,5 \text{ MeV}/c^2$$

$$A = \frac{A_0}{2^n}$$

$$1 \text{ MeV} = 1,6022 \times 10^{-13} \text{ J}$$

$$A = \lambda \times N$$

$$c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

$$T = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

$$\text{LDCA} = A \cdot I_{20} / 2400$$

$$E = m \times c^2$$

$$M(^{141}\text{Cs}) = 140,8898 \text{ u}$$

$$M(^1\text{H}) = 1,0087 \text{ u}$$

$$M(^4\text{He}) = 4,0015 \text{ u}$$

$$M(^{241}\text{Pu}) = 241,0053 \text{ u}$$

$$M(^{98}\text{Y}) = 97,9008 \text{ u}$$

$$M(e) = 0,0006 \text{ u}$$

$$M(n) = 1,0087 \text{ u}$$

SUJET		Session 2009	
Baccalauréat Professionnel ENVIRONNEMENT NUCLÉAIRE			
Sous épreuve E11 : Physique nucléaire - Détection des rayonnements - Radioprotection			
Code : 09 ENST11	Durée : 3 heures	Coefficient 3	Page : 9 / 9