



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

ENVIRONNEMENT NUCLÉAIRE

SESSION 2013

ÉPREUVE E1 : ÉPREUVE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE

Sous épreuve E11 : Physique nucléaire Détection des rayonnements, radioprotection

Calculatrice autorisée, conformément à la circulaire n°99-186 du 16 novembre 99

Aucun document autorisé

*Le sujet se compose de 7 pages, numérotées de 1/7 à 7/7.
Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.*

SUJET		Session 2013	
Baccalauréat Professionnel ENVIRONNEMENT NUCLÉAIRE			
Sous épreuve E11 : Physique nucléaire - Détection des rayonnements - Radioprotection			
Repère : 1306-EN ST 11	Durée : 3 heures	Coefficient : 3	Page : 1/7

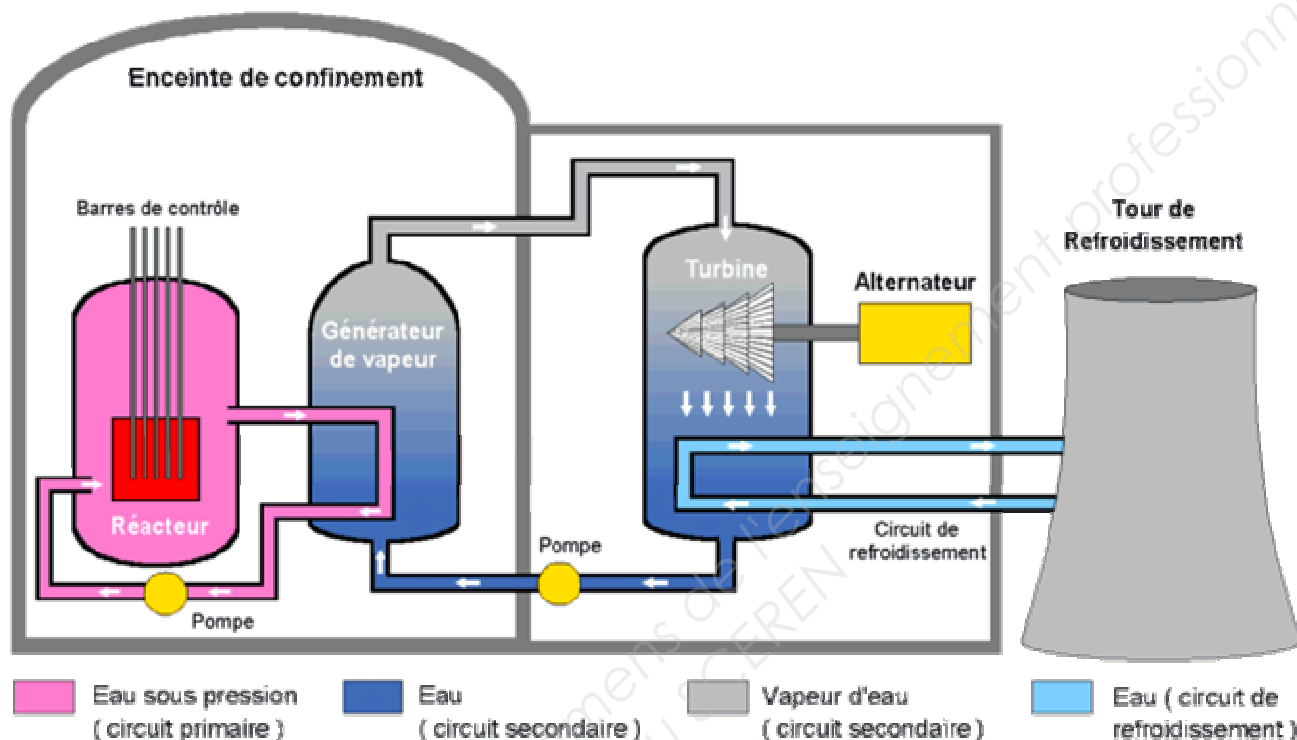
Partie 1 : Physique nucléaire (10 points)

Une centrale nucléaire est une usine de production d'électricité.

Ces centrales utilisent la chaleur produite par des réactions de fission de l'uranium 235.

Cette chaleur transforme de l'eau en vapeur. La pression de la vapeur permet de faire tourner une turbine qui entraîne un alternateur produisant de l'électricité.

L'uranium est présent dans la cuve du réacteur sous forme de barres d'uranium contenant de l'uranium 238 enrichi d'uranium 235.



Exercice 1 (2,5 points)

Le noyau d'uranium 235 est fissile

- 1.1 **Expliquer** ce que signifie que l'uranium 235 est fissile.
- 1.2 L'uranium 235 a pour symbole : ${}^{235}_{92}\text{U}$
Donner la composition de son noyau.
- 1.3 L'uranium 238 est un isotope de l'uranium 235. **Donner** la signification d'isotope.
- 1.4 **Préciser** lequel des deux isotopes de l'uranium est le plus présent dans la cuve du réacteur.
- 1.5 **Expliquer** ce que signifie enrichir de l'uranium.
- 1.6 Le défaut de masse du noyau d'uranium 235 par nucléon est de 0,00818 u. **Calculer** l'énergie correspondante en MeV. **Arrondir** votre réponse au centième.

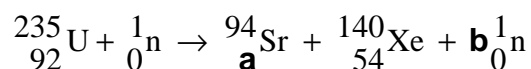
Cette énergie correspond à l'énergie de liaison par nucléon du noyau d'uranium 235.
- 1.7 **Comparer** la stabilité du noyau d'uranium 235 à celle du noyau du fer 56 dont l'énergie de liaison par nucléon est de 8,79 MeV.

Baccalauréat Professionnel ENVIRONNEMENT NUCLÉAIRE	Sous épreuve E11 : Physique nucléaire - Détection des rayonnements - Radioprotection	
Repère : 1306-EN ST 11	Session 2013	Page : 2/7

Exercice 2 (2,5 points)

Équation de fission de l'uranium 235

La rencontre du noyau d'uranium 235 avec un neutron peut produire un noyau de strontium et un noyau de xénon selon l'équation suivante :



- 2.1 **Énoncer** les deux lois de conservation (ou lois de Soddy).
- 2.2 **Calculer** a et b en utilisant les deux lois de conservation.
 - 2.3.1 **Calculer**, en u, le défaut de masse Δm de cette réaction.
 - 2.3.2 En **déduire**, en MeV, l'énergie libérée par la fission d'un noyau d'uranium 235.
- 2.4 **Expliquer** pourquoi la fission peut engendrer une réaction en chaîne.

Exercice 3 (2 points)

Réaction de désintégration du xénon 140

Le xénon 140 obtenu lors de la fission de l'uranium 235 est un émetteur β^- .

- 3.1 **Écrire** l'équation de désintégration du xénon 140 sachant que du rayonnement gamma est émis.
- 3.2 **Expliquer** ce qu'il se passe au niveau du noyau dans le cas d'une désintégration β^- .
- 3.3 **Donner** le nom du noyau fils obtenu.
- 3.4 **Donner** un moyen qui permet de savoir si ce dernier est stable.

Exercice 4 (3 points)

Réaction d'activation

La paroi de la cuve contient du cobalt 59 pouvant être activé par un neutron. L'activation du cobalt 59 donne du cobalt 60.

- 4.1 **Écrire** l'équation d'activation du cobalt 59.
- 4.2 La période radioactive du cobalt 60 est de 5,27 ans. **Expliquer** ce que cela signifie.
- 4.3 **Calculer** la constante radioactive λ du cobalt 60. Donner votre réponse en s^{-1} .
- 4.4 Une source de cobalt 60 a une activité de 10^{10} Bq.
 - 4.4.1 **Donner** son activité 5,27 ans plus tard.
 - 4.4.2 **Calculer** son activité 25 ans plus tard.
- 4.5 **Calculer** le nombre de noyaux de cobalt 60 contenu dans la source d'activité 10^{10} Bq.

Baccalauréat Professionnel ENVIRONNEMENT NUCLÉAIRE	Sous épreuve E11 : Physique nucléaire - Détection des rayonnements - Radioprotection	
Repère : 1306-EN ST 11	Session 2013	Page : 3/7

Partie 2 : Détection des rayonnements, radioprotection (10 points)

Un robinetier intervient pour le démantèlement d'une cuve.

Exercice 5 (2,25 points)

Zonage et législation

Son intervention nécessitera 80 h de présence. Le panneau de renseignement des conditions radiologiques indique une ambiance de 0,4 mSv/h.

La contamination atmosphérique est négligeable.

- 5.1 **Indiquer** le type de zone ainsi que les seuils de débit d'équivalent de dose (corps entier) de la zone d'intervention.
- 5.2 **Calculer** l'équivalent de dose absorbé du à l'ambiance en cas d'intervention dans ce local sans protection particulière.
- 5.3 **Préciser** les effets sur la santé du robinetier susceptible d'apparaître suite à cette intervention.
- 5.4 Le robinetier est de catégorie A.
 - 5.4.1 **Expliquer** ce que cela signifie
 - 5.4.2 **Est-il autorisé** à intervenir sur le démantèlement précédent sans protection supplémentaire ?

Exercice 6 (2,5 points)

Calcul d'écran

Pour cette intervention de 80 h, dans le but de réduire l'ambiance du local, on place quatre écrans 1/2 devant une vanne.

On suppose que l'ambiance provient uniquement de cette vanne.

- 6.1 **Donner** le facteur d'atténuation total des quatre écrans.
- 6.2 **Calculer** le débit de dose ambiant après la mise en place des écrans. **Arrondir** votre réponse au centième.
- 6.3 **Calculer** l'équivalent de dose intégré en raison de l'ambiance en cas d'intervention dans ce local avec les écrans en place.
- 6.4 Le cobalt 60 est émetteur gamma et bêta. **Préciser** quel rayonnement atteindra le robinetier avec les écrans en place.

Baccalauréat Professionnel ENVIRONNEMENT NUCLÉAIRE	Sous épreuve E11 : Physique nucléaire - Détection des rayonnements - Radioprotection	
Repère : 1306-EN ST 11	Session 2013	Page : 4/7

Exercice 7 (1 point)

Prévention des risques

Pendant le démantèlement le robinetier doit procéder à la découpe d'un élément de tuyauterie potentiellement contaminé par du cobalt 60 en utilisant une meuleuse.

- 7.1 **Préciser** les nouveaux risques radiologiques encourus lors de la découpe.
- 7.2 **Donner** les moyens pour se prévenir de ces nouveaux risques radiologiques.

Exercice 8 (1,25 point)

Calcul de l'équivalent de dose absorbé

L'atelier de découpe est situé à 5 m d'une pompe comportant un point chaud présentant un débit d'équivalent de dose gamma à 1 m de 80 $\mu\text{Sv/h}$.

- 8.1 **Calculer** de débit d'équivalent de dose au niveau de l'atelier de découpe.
- 8.2 Sachant que le temps nécessaire à la découpe est de 45 min, **calculer** l'équivalent de dose absorbé par le robinetier (hors contamination éventuelle).
- 8.3 Pendant son intervention, **nommer** le moyen dont doit s'équiper le robinetier pour connaître l'équivalent de dose absorbé.

Exercice 9 (1 point)

Détection des rayonnements

Pour vérifier la position ainsi que la valeur du point chaud, le robinetier dispose d'un radiamètre (ou débitmètre) de type Geiger Muller.

- 9.1 **Préciser** la grandeur mesurée par le radiamètre.

Exercice 10 (1,25 point)

Dosimétrie et contamination interne

Suite à une mauvaise manipulation lors de la découpe, le robinetier est contaminé en interne par voie aérienne par du cobalt 60. Les services de santé mesurent une contamination interne de 120 000 Bq.

- 10.1 **Nommer** la grandeur (et son unité) mesurée par les services de santé.
- 10.2 **Nommer** un appareil permettant cette détection.

Exercice 11 (0,75 point)

La période effective

La période physique du cobalt 60 est de 5,27 ans. La période biologique du cobalt 60 est de 9,5 jours.

- 11.1 **Calculer** la période effective du cobalt 60 (en jour, sur la base de 365 jours / an).
- 11.2 **Déterminer** le nombre de périodes nécessaires pour diviser l'activité initiale présente dans le corps du robinetier par 16.

Baccalauréat Professionnel ENVIRONNEMENT NUCLÉAIRE	Sous épreuve E11 : Physique nucléaire - Détection des rayonnements - Radioprotection	
Repère : 1306-EN ST 11	Session 2013	Page : 5/7

ANNEXE 1

Données

Noyau	Neutron	Uranium 235	Strontium 94	Xénon 140
Masse en u	1,0087	234,993	93.9154	139,9216

$$1 \text{ u} = 931,5 \text{ MeV}/c^2$$

$$1 \text{ u} = 1,6605 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

$$1 \text{ eV} = 1,66 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Formules

Loi de décroissance radioactive : $\lambda = \frac{0,693}{T}$

$$A(t) = A_0 \exp(-\lambda t)$$

$$A(t) = \lambda N(t) \quad \text{avec } \lambda \text{ en } s^{-1}$$

Période effective : $T_{\text{eff}} = \frac{T_{\text{bio}} \times T_{\text{phys}}}{T_{\text{bio}} + T_{\text{phys}}}$

Équivalence masse énergie : $E = \Delta m c^2$

Dose et distance. Cas d'une source γ ponctuelle : $\dot{H}_1 d_1^2 = \dot{H}_2 d_2^2$

TABLEAU PÉRIODIQUE DES ÉLÉMENTS

18 VIIIA																	
2 4.0026																	
He																	
HELIUM																	
10 20.180																	
Ne																	
NEON																	
18 39.948																	
Ar																	
ARGON																	
36 83.80																	
Kr																	
KRYPTON																	
54 131.29																	
Xe																	
XÉNON																	
86 (222)																	
Rn																	
RADON																	
114 (289)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
114 (289)																	
Uub																	
UNUBIUM																	
112 (285)																	
Uut																	
UNUNIUM																	
111 (272)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
110 (268)																	
Uuh																	
UNUNHEPTIUM																	
109 (268)																	
Uuo																	
UNUNOCTIUM																	
108 (277)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
107 (264)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
106 (266)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
105 (262)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
104 (261)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
103 (260)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
102 (259)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
101 (258)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
100 (257)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
99 (252)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
98 (251)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
97 (247)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
96 (247)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
95 (243)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
94 (244)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
93 (257)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
92 (238.03)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
91 (231.04)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
90 (232.04)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
89 (227)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
88 (226)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
87 (223)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
86 (222)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
85 (210)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
84 (209)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
83 (208.98)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
82 (207.2)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
81 (204.38)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
80 (200.59)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
79 (196.97)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
78 (195.08)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
77 (192.22)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
76 (190.23)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
75 (188.21)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
74 (183.84)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
73 (180.85)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
72 (178.49)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
71 (176.43)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
70 (173.04)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
69 (168.93)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
68 (167.26)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
67 (164.83)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
66 (162.50)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
65 (158.93)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
64 (157.25)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
63 (151.96)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
62 (150.36)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
61 (145)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
60 (144.24)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
59 (140.91)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
58 (140.12)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
57 (138.91)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
56 (137.33)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
55 (132.91)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
54 (131.29)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
53 (127.50)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
52 (126.90)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
51 (121.76)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
50 (118.71)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
49 (114.82)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
48 (112.41)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
47 (107.87)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
46 (106.42)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
45 (102.91)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
44 (101.07)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
43 (98)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
42 (95.94)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
41 (92.906)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
40 (91.224)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
39 (88.906)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
38 (87.62)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
37 (85.468)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
36 (83.80)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
35 (79.904)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
34 (76.96)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
33 (74.922)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
32 (72.64)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
31 (69.723)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
30 (65.39)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
29 (63.546)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
28 (58.933)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
27 (55.845)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
26 (54.938)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
25 (51.996)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
24 (50.942)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
23 (47.867)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
22 (44.956)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
21 (40.078)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
20 (39.098)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
19 (39.098)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
18 (39.948)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
17 (35.453)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
16 (32.065)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
15 (30.974)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
14 (28.086)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
13 (26.982)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
12 (24.305)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
11 (23.005)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
10 (20.180)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
9 (18.998)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
8 (15.999)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
7 (14.007)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
6 (12.011)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
5 (10.811)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
4 (9.0122)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
3 (6.941)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
2 (6.009)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	
1 (1.0079)																	
Uuq																	
UNUNQUADRIUM																	

Lanthanides
57 138.91 58 140.12 59 140.91 60 144.24 61 (145) 62 150.36 63 151.96 64 157.25 65 158.93 66 162.50 67 164.83 68 167.26 69 168.93 70 173.04 71 174.97

Actinides
89 (227) 90 232.04 91 231.04 92 238.03 93 (257) 94 (244) 95 (243) 96 (247) 97 (247) 98 (251) 99 (252) 100 (257) 101 (258) 102 (259) 103 (262)

La masse atomique relative est donnée avec cinq chiffres significatifs. Pour les éléments qui n'ont pas de nucléides stables, la valeur entre parenthèses indique le nombre de masse de l'isotope de l'élément ayant la durée de vie la plus grande.

Toutefois, pour les trois éléments Th, Pa et U qui ont une composition isotopique terrestre connue, une masse atomique est indiquée.