

BACCALAURÉAT PROFESSIONNEL

ENVIRONNEMENT NUCLÉAIRE

SESSION 2014

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 1999

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 2014	
Baccalauréat Professionnel ENVIRONNEMENT NUCLÉAIRE			
Sous épreuve E11 : Physique nucléaire - Détection des rayonnements - Radioprotection			
Repère : 1406-EN ST 11	Durée : 3 heures	Coefficient : 3	Page : 1/7

Première partie (8,75 points)

En centrale nucléaire, on utilise la réaction de fission en chaîne pour produire de l'électricité. Cette réaction donne naissance à deux types de produits responsables de la **radioactivité** : les produits de fission et les produits d'activation.

Ces derniers sont créés à partir d'un **isotope** d'un élément stable qui va capturer un neutron libéré par la réaction de fission en chaîne. Cet isotope va alors se transformer en isotope radioactif.

Le produit d'activation le plus répandu en centrale nucléaire de type REP est le cobalt 60 (^{60}Co). Il a une **demi-vie** de $T = 5,3$ ans et est émetteur β^- . Les principaux produits d'activation sont consignés dans le tableau suivant :

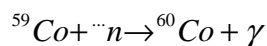
Radionucléide	Demi-vie	Produit par l'activation de	Provenance
^{60}Co	5,3 ans	^{59}Co	Stellite (alliage utilisé pour ses qualités de résistance)
^{124}Sb	60,2 jours	^{123}Sb	Constituant des tubes des générateurs de vapeur
$^{110\text{m}}\text{Ag}$	249,8 jours	^{109}Ag	Grappes de contrôle
^{59}Fe	45,5 jours	^{58}Fe	Structures métalliques
^{59}Ni	74 000 ans	^{58}Ni	Structures métalliques
^{51}Cr	27,7 jours	^{50}Cr	Structures métalliques

1. Activation du cobalt 59 (3.25 points)

1.1 Définir les termes suivants contenus dans le texte précédent :

- a) isotope,
- b) demi-vie.

1.2 Recopier et équilibrer la réaction d'activation du cobalt 59 :



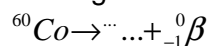
1.3 Donner le nombre de protons, de neutrons et de nucléons du cobalt 60.

1.4 Préciser ce que représentent « n » et « γ » dans la réaction d'activation.

2. Désintégration du cobalt 60 (3 points)

2.1 Expliquer la transformation qui s'effectue au niveau du noyau du cobalt 60 lors de sa désintégration. (β^-).

2.2 Recopier et compléter l'équation de désintégration du cobalt 60 :



2.3 Préciser la nature de la particule $^0_{-1}\beta$.

Baccalauréat Professionnel ENVIRONNEMENT NUCLÉAIRE	Sous épreuve E11 : Physique nucléaire - Détection des rayonnements - Radioprotection	
Repère : 1406-EN ST 11	Session 2014	Page : 2/7

2.4 Compléter la phrase suivante à l'aide des mots proposés.

« Au cours de sa désintégration, le cobalt 60 se transmute en..... »

Mots proposés :

Cobalt 59	Nickel 60	Fer 60
-----------	-----------	--------

2.5 Les valeurs nécessaires aux calculs sont données dans le formulaire.

- a) Calculer le défaut de masse Δm correspondant à la désintégration du Cobalt 60. Arrondir au millième.
- b) En déduire, en MeV, l'énergie correspondante. Arrondir le résultat au centième.

3. Décroissance radioactive du cobalt 60 (2,5 points)

3.1 Calculer la constante radioactive λ du cobalt 60, en s^{-1} . Donner le résultat avec deux chiffres après la virgule en écriture scientifique.

3.2 Calculer la masse d'un noyau de cobalt 60. Donner le résultat avec deux chiffres après la virgule en écriture scientifique.

3.3 Calculer le nombre de noyaux contenus dans 1 μg de cobalt 60. Donner le résultat avec deux chiffres après la virgule en écriture scientifique.

3.4 Calculer l'activité d'1 μg de cobalt 60. On prendra $\lambda = 4,14 \cdot 10^{-9} s^{-1}$. Donner le résultat avec deux chiffres après la virgule en écriture scientifique. On notera cette activité A_0 .

3.5 Compléter la phrase suivante à l'aide des expressions proposées.

« Au cours du temps, l'activité du cobalt 60 »

Expressions proposées:

Diminue exponentiellement	Augmente exponentiellement	Ne varie pas
---------------------------	----------------------------	--------------

Deuxième partie (11,25 points)

Une intervention en zone contrôlée doit avoir lieu sur le purgeur du circuit « contrôle chimique et volumétrique » 1RCV 001PU. L'équipe de maintenance est composée de 2 intervenants et un surveillant. Ils doivent réaliser un contrôle du purgeur et remplacer le joint d'étanchéité. Un point chaud est présent à 3m de la zone d'intervention et un risque de dégagement d'aérosol est possible à l'ouverture du circuit.

Les conditions d'intervention sont les suivantes :

- Volume de travail exposé VTE = 6 h ;
- 2 intervenants et un surveillant ;
- Débit d'équivalent de dose dans le local DeD = 0,35 mSv/h ;
- Point chaud, dont le débit d'équivalent de dose à 1 m vaut $DeD_{1m} = 12,6 \text{ mSv/h}$.

4. Détection des rayonnements (3,5 points)

4.1 Citer les risques radiologiques de ce chantier.

4.2 Pour ce chantier les intervenants utilisent les appareils suivants :



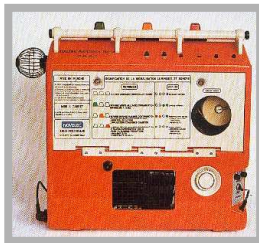
Rdiamètre



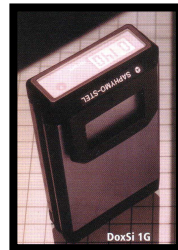
balise γ



Contaminamètre



Balise aérosol



dosimètre actif

À chaque détecteur, associer son rôle, parmi ceux proposés :

Mesure de la contamination surfacique	Surveillance de l'évolution du débit d'équivalent de dose	Contrôle de la dosimétrie de l'intervenant
Mesure du débit d'équivalent de dose	Surveillance de l'évolution de la contamination volumique	

4.3 Avant de quitter le site, l'intervenant doit faire une anthroporadiométrie. Expliquer son rôle.

5. Protection contre l'exposition externe (4 points)

Les intervenants sont classés catégorie A.

- a) Donner la limite d'exposition pour 12 mois glissants pour cette catégorie.
- b) Citer les 4 modalités qui permettent d'être classé catégorie A.
- c) Préciser le seul moyen légal dont disposent les intervenants pour connaître leur équivalent de dose intégré en zone contrôlée.

5.2 Donner le zonage du local.

5.3

- a) Donner la couleur du trisecteur du point chaud.
- b) Calculer le débit d'équivalent de dose au poste de travail dû au point chaud.
- c) Calculer le nombre de couches de demi-atténuation à placer devant le point chaud pour retrouver le débit d'équivalent de dose ambiant du local.

5.4 L'intervention dure 2 heures en présence des 2 intervenants et du surveillant.

- a) Montrer que le volume de travail exposé est de 6 heures.
- b) Calculer l'équivalent de dose intégré pour un intervenant.
- c) En déduire la dose collective pour cette intervention.

5.5 L'évaluation dosimétrique prévisionnelle prévoyait une dose collective de 2,1 H.mSv.
A-t-elle été respectée ?

6. Protection contre l'exposition interne (3,75 points)

6.1 Le panneau de renseignement des conditions radiologiques indique qu'à l'ouverture du circuit, il y aura un risque de contamination volumique et classe donc le local en zone orange au démontage du purgeur. Indiquer les modalités d'accès à la zone orange.

6.2 La LDCA (limite dérivée de concentration dans l'air) précise le niveau de contamination du local.

- a) Donner la définition de LDCA.
- b) Le panneau de renseignement indique LDCA >1. Préciser ce que cela signifie.

6.3 Pour cette intervention, il a été décidé de placer un sas et un déprimogène. L'intervention se fera en tenue étanche ventilée, avec un déshabilleur en heaume ventilé et un surveillant. Pour ces 4 moyens de protection (sas, déprimogène, tenue étanche ventilée, heaume ventilé), associer une expression parmi les propositions suivantes :

Moyen de protection collectif – confinement statique
Moyen de protection collectif – confinement dynamique
Moyen de protection individuel

6.4 L'intervention se déroule sans problème. Préciser l'équivalent de dose reçu par exposition interne.

6.5 À la fin de l'intervention, un intervenant réalise un frottis pour vérifier la contamination du chantier après intervention. La mesure donne une activité surfacique de $A_s = 0,15 \text{ Bq/cm}^2$.

- a) Donner le zonage propreté du local.
- b) Est-il nécessaire de le décontaminer ?

FORMULAIRE

On donne les valeurs numériques suivantes :

Masse atomique du cobalt 60 : $M_{\text{at}}(^{60}\text{Co}) = 59,933\,820\text{ u}$

Masse atomique du nickel 60 : $M_{\text{at}}(^{60}\text{Ni}) = 59,930\,789\text{ u}$

Masse atomique du cobalt 59 : $M_{\text{at}}(^{59}\text{Co}) = 58,941\,658\text{ u}$

Masse atomique du fer 60 : $M_{\text{at}}(^{60}\text{Fe}) = 59,895\,912\text{ u}$

Équivalent masse-énergie : $1\text{u} = 931,5\text{ MeV}/c^2$

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

On donne les formules suivantes:

$$A = \lambda \cdot N$$

$$A(t) = A(0) \cdot e^{-\lambda t}$$

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

$$N = m \cdot N_A / M$$

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

On précise le zonage propre:

Nucléaire Propre NP	Nucléaire faiblement contaminé N1	Nucléaire fortement contaminé N2
$A_s < 0,4\text{ Bq}\cdot\text{cm}^{-2}$	$0,4\text{ Bq}\cdot\text{cm}^{-2} \leq A_s < 4\text{ Bq}\cdot\text{cm}^{-2}$	$A_s \geq 4\text{ Bq}\cdot\text{cm}^{-2}$