



**LE RÉSEAU DE CRÉATION
ET D'ACCOMPAGNEMENT PÉDAGOGIQUES**

**Ce document a été mis en ligne par le Canopé de l'académie 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 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 :

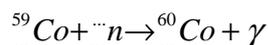
| Radionucléide | Demi-vie | Produit par l'activation de | Provenance |
|---------------------------|-------------|-----------------------------|--|
| ^{60}Co | 5,3 ans | ^{59}Co | Stellite (alliage utilisé pour ses qualités de résistance) |
| ^{124}Sb | 60,2 jours | ^{123}Sb | Constituant des tubes 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 :



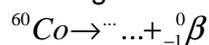
1.3 Donner le nombre de protons, de neutrons et de nucléons du cobalt 60.

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 $DeD_{1m} = 12,6$ 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 :



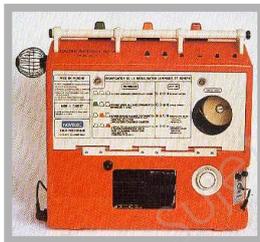
Radiamètre



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 ?

ANNEXE 1

Classification périodique des éléments chimiques

| colomes périodes | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
|---------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|---|--------------------------------------|---|--|---|---|--|---|--|--|--|---------------------------------------|--|--|---|
| 1 | 1 H hydrogène 1,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | 4 He hélium 4,0 |
| 2 | 3 Li lithium 6,9 | 4 Be béryllium 9,0 | | | | | | | | | | | | | | 8 O oxygène 16,0 | 9 F fluor 19,0 | 10 Ne néon 20,2 |
| 3 | 11 Na sodium 23,0 | 12 Mg magnésium 24,3 | | | | | | | | | | | | | | 16 S soufre 32,1 | 17 Cl chlore 35,5 | 18 Ar argon 39,9 |
| 4 | 19 K potassium 39,1 | 20 Ca calcium 40,1 | 21 Sc scandium 45,0 | 22 Ti titane 47,9 | 23 V vanadium 50,9 | 24 Cr chrome 52,0 | 25 Mn manganèse 54,9 | 26 Fe fer 55,8 | 27 Co cobalt 58,9 | 28 Ni nickel 58,7 | 29 Cu cuivre 63,5 | 30 Zn zinc 65,4 | 31 Ga gallium 69,7 | 32 Ge germanium 72,6 | 33 As arsenic 74,9 | 34 Se sélénium 79,0 | 35 Br brome 79,9 | 36 Kr krypton 83,8 |
| 5 | 37 Rb rubidium 85,5 | 38 Sr strontium 87,6 | 39 Y yttrium 88,9 | 40 Zr zirconium 91,2 | 41 Nb niobium 92,9 | 42 Mo molybdène 95,9 | 43 Tc technétium 98,9 | 44 Ru ruthénium 101,1 | 45 Rh rhodium 102,9 | 46 Pd palladium 106,4 | 47 Ag argent 107,9 | 48 Cd cadmium 112,4 | 49 In indium 114,8 | 50 Sn étain 118,7 | 51 Sb antimoine 121,7 | 52 Te tellure 127,6 | 53 I iode 126,9 | 54 Xe xénon 131,3 |
| 6 | 55 Cs césium 132,9 | 56 Ba baryum 137,3 | L | 72 Hf hafnium 178,5 | 73 Ta tantalum 180,9 | 74 W tungstène 183,9 | 75 Re rhenium 186,2 | 76 Os osmium 190,2 | 77 Ir iridium 192,2 | 78 Pt platine 195,1 | 79 Au or 197,0 | 80 Hg mercure 200,6 | 81 Tl thallium 204,4 | 82 Pb plomb 207,2 | 83 Bi bismuth 209,0 | 84 Po polonium ≈ 209 | 85 At astate ≈ 210 | 86 Rn radon ≈ 222 |
| 7 | 87 Fr francium ≈ 223 | 88 Ra radium 226,0 | A | 104 Ku kurchatovium ≈ 261 | 105 Ha hassium ≈ 262 | 106 Sg seaborgium ≈ 262 | 107 Ns nibbohium ≈ 262 | 108 Hs hassium ≈ 262 | 109 Mt meitnerium ≈ 262 | | | | | | | | | |
| | | | | 139 La lanthane 138,9 | 140 Ce cérium 140,1 | 141 Pr praseodyme 140,9 | 142 Nd néodyme 144,2 | 146 Pm prométhium ≈ 145 | 152 Sm samarium 150,4 | 153 Eu europium 152,0 | 158 Gd gadolinium 157,2 | 159 Tb terbium 158,9 | 164 Dy dysprosium 162,5 | 165 Ho holmium 164,9 | 166 Er erbium 167,3 | 169 Tm thulium 168,9 | 174 Yb ytterbium 173,0 | 175 Lu lutétium 175,0 |
| | | | | 227 Ac actinium ≈ 227 | 228 Th thorium 232,0 | 231 Pa protactinium 231,0 | 238 U uranium 238,0 | 237 Np néptunium ≈ 237 | 244 Pu plutonium ≈ 244 | 243 Am américium ≈ 243 | 247 Cm curium ≈ 247 | 247 Bk berkélium ≈ 247 | 251 Cf californium ≈ 251 | 254 Es einsteinium ≈ 254 | 257 Fm fermium ≈ 257 | 258 Md mendelevium ≈ 258 | 259 No nobélium ≈ 259 | 260 Lw lawrencium ≈ 260 |

A ← nom de l'élément
 X ← symbole de l'élément
 M ← nombre de charge de l'élément (g.mol⁻¹)
 nombre de masse de l'isotope le plus abondant
 nombre de charge (ou numéro atomique)

L = Lanthanides : 57 à 71
 A = Actinides : 89 à 103

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 propreté:

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