



**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 2016

### 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 8 pages, numérotées de 1/8 à 8/8.  
Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.*

**Les annexes 1 et 2 (pages 6/8 et 7/8) seront rendues et agrafées dans  
la copie anonymée**

SUJET		Session 2016	
Baccalauréat Professionnel ENVIRONNEMENT NUCLÉAIRE			
Sous épreuve E11 : Physique nucléaire - Détection des rayonnements - Radioprotection			
Repère : 1606-ENST11	Durée : 3 heures	Coefficient : 3	Page : 1/8

## Les quatre exercices sont indépendants

Dans un local du bâtiment réacteur, un sas a été construit autour d'une vanne. Cette dernière a subi une activation neutronique. Elle a une activité de 100 MBq car elle contient du cobalt 60 ( $^{60}\text{Co}$ ) et doit être changée.

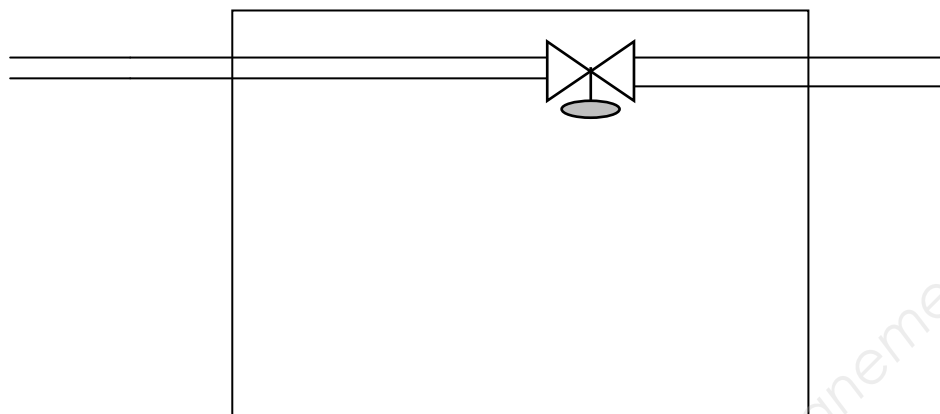


Schéma de la vanne et du sas, vu de dessus

### Exercice 1 : Nickel et cobalt naturel (2.5 points)

Isotopes naturels	$^{58}_{28}\text{Ni}$	$^{60}_{28}\text{Ni}$	$^{61}_{28}\text{Ni}$	$^{62}_{28}\text{Ni}$	$^{64}_{28}\text{Ni}$	$^{59}_{27}\text{Co}$
Abondance (%)	68,3	26,07	1,13	3,59	0,91	100
Masse molaire en $\text{g.mol}^{-1}$	58	60	61	62	64	59

1.1 Donner le nombre de protons, de neutrons, de nucléons pour chaque atome, en complétant le tableau de l'**annexe1**, page 6/8.

1.2 Donner la masse molaire du cobalt 59.

1.3 Calculer la masse molaire du nickel naturel.

1.4 Le cobalt 60 est un autre isotope du cobalt. Expliquer pourquoi il ne figure pas dans le tableau précédent.

**Exercice 2 : Désintégration du cobalt 60 (7.5 points)**

**Le cobalt 60, dont la demi-vie est  $T = 5,27$  ans, donne du nickel 60 par désintégration bêta moins.**

**2.1** Écrire l'équation de désintégration du cobalt 60.

**2.2** Calculer, en MeV, l'énergie libérée par la désintégration du cobalt 60.

**2.3** Expliquer ce qui se passe au niveau de son noyau lors de cette désintégration.

**2.4** Citer l'autre désintégration de type  $\beta$ . Nommer la particule émise lors de cette désintégration.

**2.5** Calculer la constante radioactive du cobalt 60 (donner le résultat en  $\text{an}^{-1}$ ).

**2.6** Compléter le tableau de l'**annexe 2**, page 7/8. Arrondir vos valeurs au MBq près.

**2.7** Tracer la courbe de l'activité en fonction du temps sur le repère donné en **annexe 2**.

**2.8** Par lecture graphique, donner à quel moment l'activité est diminuée de moitié.  
À quoi correspond ce temps ?  
Laisser apparent les traits de construction.

**2.9** À partir de combien de périodes peut-on considérer que l'activité est nulle ?  
En déduire le nombre d'années nécessaires pour que l'activité du cobalt 60 soit considérée comme nulle.

**Exercice 3 Étude d'épaisseurs d'écrans (5 points)**

**Le cobalt 60 est aussi émetteur  $\gamma$  (énergie moyenne  $E = 1,25$  MeV). Pour se protéger de ces rayons lors du démantèlement de la vanne, le chef de chantier décide qu'il faut placer des écrans de plomb.**

Donnée : coefficient d'atténuation linéique du plomb :  $\mu_l = 0,620 \text{ cm}^{-1}$

**3.1** Citer le risque que le travailleur encourt avec les rayonnements  $\gamma$ .

**3.2** Parmi les propositions suivantes, donner l'ordre de grandeur de la distance parcourue par les  $\gamma$  dans l'air.

1 cm                  10 m                  100 m                  1 km

**3.3** D'une manière générale, un écran de plomb les stoppera-t-il totalement ?

**3.4** Expliquer la différence entre le gray et le sievert.

**3.5** Le débit de dose sans écran à 2 m est de  $288 \mu\text{Sv/h}$ .

**3.5.1** Calculer le débit de dose à 1 m. Donner votre réponse en  $\text{mSv/h}$  (à  $10^{-2}$  près).

**3.5.2** Préciser la zone dans laquelle on se trouve à 1 m du pont chaud.

**3.5.3** Citer la ou les catégories de personnel autorisées à entrer dans cette zone.

**3.6** On place un écran de plomb d'épaisseur 3 cm à une distance de 1 m de la vanne.

**3.6.1** Calculer le débit de dose absorbée en  $\text{mSv/h}$  (à  $10^{-2}$  près) après l'écran.

**3.6.2** Calculer le facteur d'atténuation de l'écran.

**3.7** On veut diviser la dose par 400.

**3.7.1** Calculer le nombre d'épaisseurs demi et dixième nécessaire.

**3.7.2** Calculer les épaisseurs  $X_{1/2}$  et  $X_{1/10}$  au mm près.

**3.7.3** En déduire l'épaisseur d'écran totale. Arrondir au mm près.

**Exercice 4 Contamination interne (5 points)**

Lorsque la vanne a été démontée, des poussières radioactives de cobalt 60 se sont dispersées uniformément dans le sas. L'activité est de 100 MBq.

4.1 Nommer l'appareil permettant de surveiller l'activité atmosphérique dans le sas en permanence.

4.2 La constante de désintégration du cobalt 60 est  $\lambda = 4,14 \times 10^{-9} \text{ s}^{-1}$ . Sa masse molaire vaut 60 g/mol.

4.2.1 Calculer le nombre de noyaux de cobalt 60 présents dans le sas.

4.2.2 En déduire la masse de cobalt 60 qui s'est dispersée dans l'atmosphère du sas. (Le résultat sera donné à  $10^{-2}$  µg près).

4.3 Le volume du sas est de 24 m<sup>3</sup>.

4.3.1 Calculer l'activité volumique dans le sas. Donner la réponse en MBq/m<sup>3</sup> (à  $10^{-2}$  près).

4.3.2 Un technicien vient poser une pompe pour absorber les poussières radioactives et reste 5 minutes. Sachant que son débit respiratoire est de 1,2 m<sup>3</sup>/h, calculez l'activité qu'il inhalerait (en Bq) sans appareil de protection respiratoire.

4.3.3 Que signifie DPUI ? En utilisant le tableau donné en **annexe 1**, page 6/8, trouver la DPUI du cobalt 60.

4.3.4 Calculer la dose efficace qu'absorberait ce travailleur sans protection respiratoire.

4.3.5 Comparer cette dose avec la limite de dose annuelle légale pour un travailleur de catégorie A.

4.4 Proposer des solutions pour diminuer la dose reçue.

**ANNEXE 1**  
**À remettre avec la copie**

**Question 1.1**

Isotope	$^{58}_{28}\text{Ni}$	$^{60}_{28}\text{Ni}$	$^{61}_{28}\text{Ni}$	$^{62}_{28}\text{Ni}$	$^{64}_{28}\text{Ni}$	$^{59}_{27}\text{Co}$
Protons						
Neutrons						
Nucléons						

**Question 4.3.3**

On donne pour le cobalt 60 :

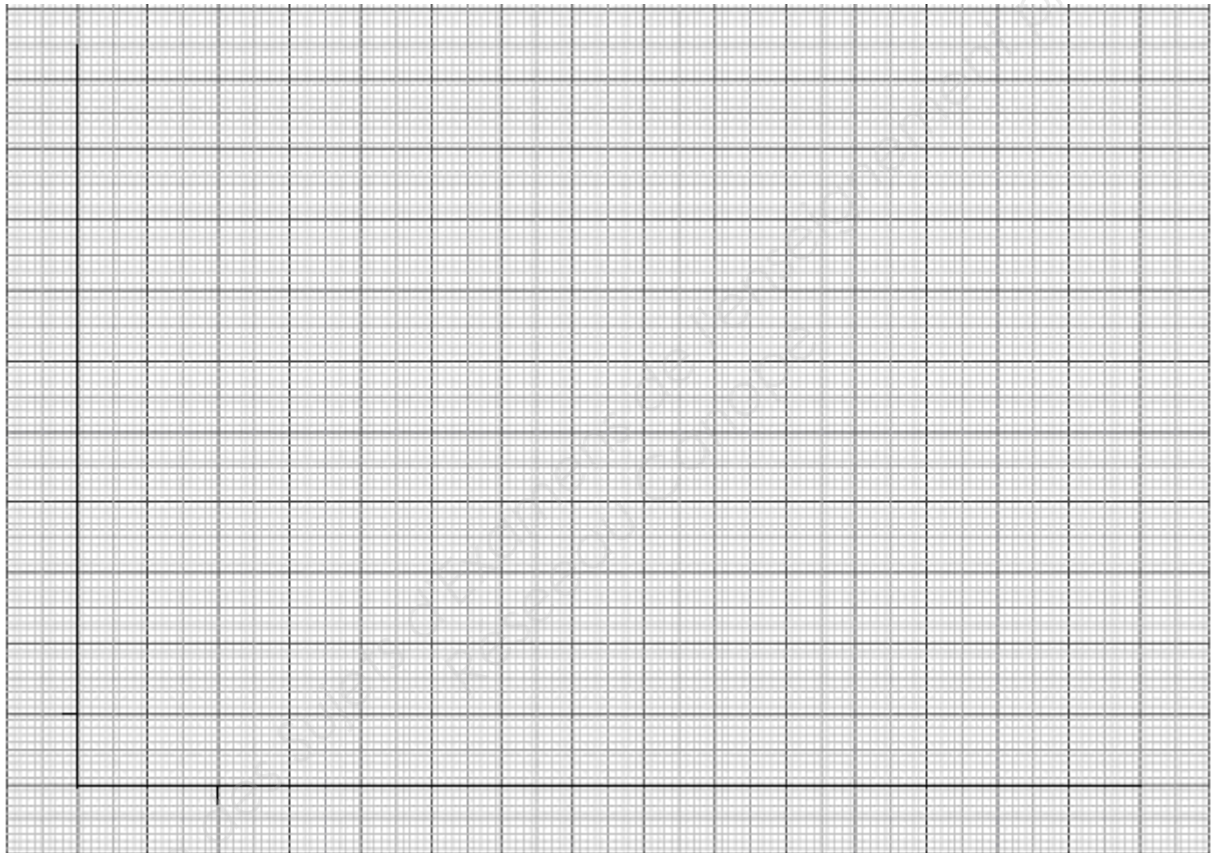
DAMA 1 $\mu\text{m}$	DPUI (Sv/Bq) enfant 1 an	DPUI (Sv/Bq) adulte
Inhalation	$3,4 \cdot 10^{-8}$	$1,0 \cdot 10^{-8}$
Ingestion	$2,7 \cdot 10^{-8}$	$3,4 \cdot 10^{-9}$

DAMA 5 $\mu\text{m}$	DPUI (Sv/Bq) adulte
Inhalation	$7,1 \cdot 10^{-9}$
Ingestion	$3,4 \cdot 10^{-9}$

## ANNEXE 2

À remettre avec la copie

<b>t (ans)</b>	0	1	2	3	5	10	15	20	25	30
<b>A (MBq)</b>	100									



**Échelle**

*axe horizontal* : 2 cm pour 5 ans

*axe vertical* : 1 cm pour 10 MBq



## Formulaire

**Masse molaire d'un élément :**  $M = \sum_i \%_i \times A_i$

**Constante radioactive :**  $\lambda = \frac{\ln 2}{T}$

**Décroissance radioactive :**  $A(t) = A_0 \exp(-\lambda t)$

**Activité d'un échantillon :**  $A = \lambda N$

**Nombre d'atomes dans un échantillon :**  $N = \frac{m}{M} \times 6,02 \cdot 10^{23}$

$1 \text{ u} = 1,6605 \times 10^{-27} \text{ kg} = 931.5 \text{ MeV}/c^2$

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

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

$M(^{60}\text{Co}) = 59,9190 \text{ u}$

$M(^{60}\text{Ni}) = 59,9154 \text{ u}$

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

**Loi des distances :**  $H_1 d_1^2 = H_2 d_2^2$

**Atténuation :**  $\dot{H}(x) = \dot{H}(0) \exp(-\mu_l x)$

**Épaisseurs demi et dixième :**  $x_{1/2} = \frac{\ln 2}{\mu_l}$  et  $x_{1/10} = \frac{\ln 10}{\mu_l}$

**Activité volumique :**  $A_v = \frac{A}{V}$

**Activité inhalée :**  $A_{mh} = A_v \times d_r \times t$

**Dose efficace absorbée :**  $H = A_{mh} \times DPUI$