

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 9 pages, numérotées de 1/9 à 9/9.
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 : 13-EN ST 11-03	Durée : 3 heures	Coefficient : 3	Page : 1/9

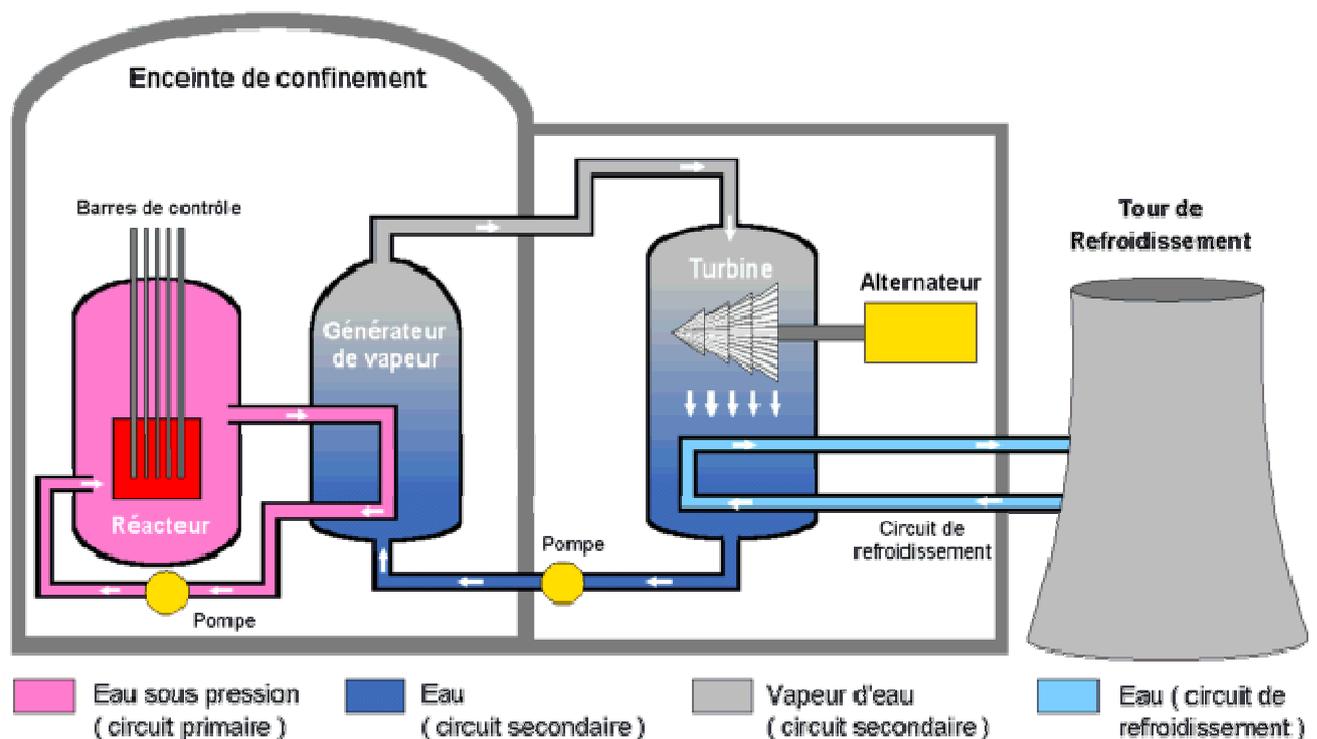
Partie 1 : Physique nucléaire 10 points

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 n°1

Le noyau d'uranium 235 est fissile

/2,5

- 1.1 **Expliquer** ce que signifie que l'uranium 235 est fissile.
- 1.2 L'uranium 235 a pour symbole : ${}_{92}^{235}\text{U}$
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.

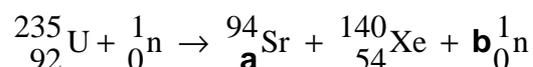
- 1.7 **Comparer** la stabilité du noyau d'uranium 235 à celle du noyau du fer 56 dont l'énergie de liaison par nucléon est de 8,79 MeV.

Exercice n°2

Equation de fission de l'uranium 235

/2,5

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 **Enoncer** 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 n°3

Réaction de désintégration du xénon 140

/2

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

- 3.1 **Ecrire** 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.

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 **Ecrire** 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.

Partie 2 : Détection des rayonnements, radioprotection
10 points

Un robinetier intervient pour le démantèlement d'une cuve.

Exercice n°5

Zonage et législation

/2,25

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 n°6

Calcul d'écran

/2,5

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.

Exercice n°7**Prévention des risques****/1**

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 n°8**Calcul de l'équivalent de dose absorbé /1,25**

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 n°9**Détection des rayonnements****/1**

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 n°10**Dosimétrie et contamination interne****/1,25**

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 n°11**La période effective****/0,75**

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.

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

Equivalence 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

GROUPE		1A		2A		3A		4A		5A		6A		7A		8A		9A		10A		11A		12A		13A		14A		15A		16A		17A		18A																																																																																																																																														
PÉRIODE		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103																																																																										
1	H	1.0079	He	4.0026	Li	6.941	Be	9.0122	B	10.811	C	12.011	N	14.007	O	15.999	F	18.998	Ne	20.180	Na	22.990	Mg	24.305	Al	26.982	Si	28.086	P	30.974	S	32.065	Cl	35.453	Ar	39.948	K	39.098	Ca	40.078	Sc	44.956	Ti	47.887	V	50.942	Cr	51.996	Mn	54.938	Fe	55.845	Co	58.933	Ni	58.693	Cu	63.546	Zn	65.39	Ga	69.723	Ge	72.64	As	74.922	Se	78.96	Br	79.904	Kr	83.80	Rb	85.468	Sr	87.62	Y	88.906	Zr	91.224	Nb	92.906	Mo	95.94	Tc	98.906	Ru	101.07	Rh	102.91	Pd	106.42	Ag	107.87	Cd	112.41	In	114.82	Sn	118.71	Sb	121.76	Te	127.60	I	126.90	Xe	131.29	Cs	132.91	Ba	137.33	La-Lu	138.91	Hf	178.49	Ta	180.95	W	183.84	Re	186.21	Os	190.23	Ir	192.22	Pt	195.08	Au	196.97	Hg	200.59	Tl	204.38	Pb	207.2	Bi	208.98	Po	209	At	210	Rn	222	Fr	223	Ra	226	Ac-Lr	227	Th	232.04	Pa	231.04	U	238.03	Np	237	Pu	244	Am	243	Cm	247	Bk	247	Cf	251	Es	252	Fm	257	Md	258	No	259	Lr	262

Numéro atomique — 5 — Masse molaire (g/mol)

Symbole — B — Nom de l'élément

BORE —

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.