BACCALAURÉAT PROFESSIONNEL

ENVIRONNEMENT NUCLÉAIRE

ÉPREUVE de
MATHÉMATIQUES
ET
SCIENCES PHYSIQUES

Ce sujet comporte 7 pages.
La page 5 est à remettre avec votre copie d'examen.

L'usage des instruments de calcul est autorisé conformément à la circulaire 99-186 du 16 novembre 1999

SUJET	
BACCALAURÉAT PROFESSIONNEL ENVIRONNEMENT NUCLÉAIRE	**E1 - SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE**
Session : **2008**	Sous épreuve : E1 Mathématiques et Sciences physiques – U12 Coef : 3 Durée : 2 h 00
Repère : 0806-ENST12	page 1/7

MATHÉMATIQUES (15 points)

Les deux exercices sont indépendants.

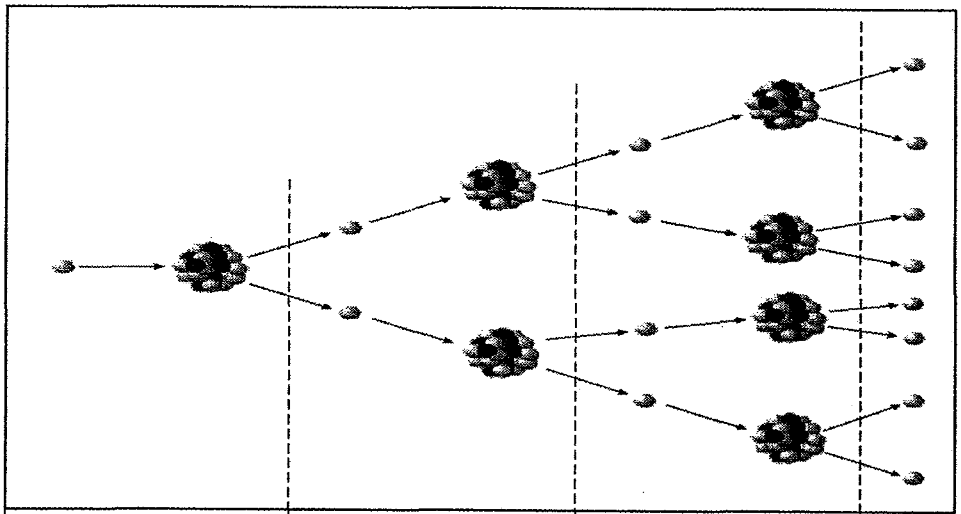
EXERCICE 1 : (7 points)

Dans le réacteur d'une centrale nucléaire, des atomes d'uranium 235 sont soumis à une « réaction en chaîne de fission ».
1re étape : un atome d'uranium 235 se brise sous le choc d'un neutron.
2e étape : il y a libération d'énergie et de 2 neutrons qui vont à leur tour briser 2 atomes.
3e étape : à nouveau, il y a libération d'énergie et de 4 neutrons qui vont briser 4 atomes.

...

Cette réaction en chaîne engendre la fission d'un très grand nombre d'atomes en un temps très bref. Non contrôlée, cette réaction aboutit à une explosion nucléaire.

1. On étudie les différentes étapes successives de fission à partir d'un seul atome d'uranium 235.
On note : u_1 le nombre d'atomes fissionnés à la **1re** étape,
u_2 le nombre d'atomes fissionnés à la **2e** étape,
....
u_n le nombre d'atomes fissionnés à la n-ième étape.



Étape 1 : u_1	Étape 2 : u_2	Etape 3 : u_3

$u_1 = 1$, $u_2 = 2$, $u_3 = 4$, $u_4 = 8$, ...

a) Donner la nature de la suite (u_n) et préciser sa raison.

b) Exprimer u_n en fonction de n.

Dans la suite, les résultats demandés dans les questions **2.** et **4.** *seront donnés sous la forme* $a \times 10^p$ *où p est un entier et a est un décimal arrondi au centième vérifiant* $1 \leqslant a < 10$.

2. En 2 microsecondes, il se produit 80 étapes de fission.

a) Calculer u_{80}, nombre d'atomes fissionnés à la 80-ième étape.

b) Calculer S_{80}, le nombre total d'atomes fissionnés en 2 microsecondes.

3. Un kilogramme d'uranium 235 contient $2,5 \times 10^{24}$ atomes. Calculer la masse des atomes fissionnés à la fin des 2 microsecondes. Le résultat sera donné en gramme.

4. La fission d'un atome d'uranium 235 produit une énergie de 3×10^{-11} J.
Calculer l'énergie produite au cours des 2 microsecondes.

EXERCICE 2 : (8 points)

En curiethérapie, on utilise le césium 137 dans le traitement de certains cancers.
La constante de radioactivité λ des noyaux de césium 137 est 0,023 /année.
L'activité initiale A_0 d'un échantillon de cet isotope est 3×10^5 becquerel (Bq).
L'objet de cet exercice est de calculer l'activité d'une source radioactive de césium 137 à chaque instant.

PARTIE A : (2,5 point)

L'activité radioactive de la source $A(t)$ est donnée en fonction du temps t par la loi suivante :

$$A(t) = 3 \times 10^5 \, e^{-0,023\,t}$$

avec le temps t en année et l'activité $A(t)$ en becquerel.

1. Calculer l'activité de la source après 100 ans. Donner le résultat sous la forme $a \times 10^p$ où p est un entier et a est un décimal arrondi au centième vérifiant $1 \leqslant a < 10$.

2. a) Pour une activité de $1,5 \times 10^5$ Bq, montrer que $t = \dfrac{\ln(0,5)}{-0,023}$.
   b) Calculer cette valeur de t qui est la demi-vie de l'atome de césium 137. Le résultat sera arrondi à l'unité.

PARTIE B : (5,5 points)

Pour une source de césium 137, le rapport entre l'activité à la date t et l'activité initiale est :

$$f(t) = \frac{A(t)}{A_0} = e^{-0,023\,t}, \qquad t \text{ appartenant à l'intervalle } [0 ; 180].$$

1. Compléter le tableau de valeurs donné en annexe page 5/7. Les résultats seront arrondis au centième.

2. Tracer la représentation graphique de la fonction f dans le repère de l'annexe page 5/7.

3. a) Déterminer graphiquement la valeur de t pour laquelle $f(t) = 0,2$. Les traits de construction nécessaires à la lecture devront figurer sur le graphique.
   b) Retrouver le résultat précédent en résolvant l'équation $e^{-0,023\,t} = 0,2$. Le résultat sera arrondi à l'unité.

4. En déduire au bout de combien d'années l'activité radioactive n'est plus que de 20 % de sa valeur initiale

SCIENCES PHYSIQUES (5 points)

Exercice 1 : Mécanique – 2,5 points

Dans le circuit primaire, l'eau circule avec un débit volumique Q_{VA} = 20 000 m^3/h sous une pression p_A = 155 bars dans un tube de diamètre d_A = 800 mm.
Au niveau du générateur de vapeur, cette eau passe à travers 4 000 tubes de diamètre d_B = 8 mm (voir annexe Sciences physiques - figure 2).
On prendra pour les calculs $\pi = 3,14$.

1 – Calculer la vitesse v_A de l'eau au point A en m/s à 0,1 près.

2 – Sachant que v_B = 27,9 m/s, calculer le débit volumique Q_{VB} en B en m^3/s.
Arrondir le résultat à 10^{-4} près.

3 – Pour cette question, on considère que la vitesse au point A est : v_A = 11,1 m/s.
En utilisant l'équation de Bernoulli, calculer la pression p_B de l'eau au point B, en Pascal puis en bar
(à 1 unité près), sachant que le point B est situé à 13m au dessus du point A.

Données : $Q = Sv$ $\quad p_A + \rho g z_A + \frac{1}{2}\rho v_A^2 = p_B + \rho g z_B + \frac{1}{2}\rho v_B^2$

1 bar = 10^5 Pa $\quad g = 10$ N/kg $\quad \rho_{eau} = 1\ 000$ kg/m^3

Exercice 2 : Electricité – 2,5 points

Le moteur faisant fonctionner la pompe du circuit primaire a la plaque signalétique suivante :

Puissance mécanique utile	: P_u = 8 MW
Facteur de puissance	: $\cos\varphi = 0,8$
Vitesse de rotation	: 1 450 tr/min
Rendement	: 77 %
Alimentation triphasée	: 3500 V / 6000 V

1 – Calculer la puissance absorbée par ce moteur. (à 0,1 MW près)

2 – Le moteur doit être branché sur un réseau 2000 V/3500 V.
2.a – Donner la nature du couplage.
2.b – Calculer l'intensité en ligne.

Données : $P_a = UI\sqrt{3}\cos\varphi$ $\quad P = 2\pi n M$

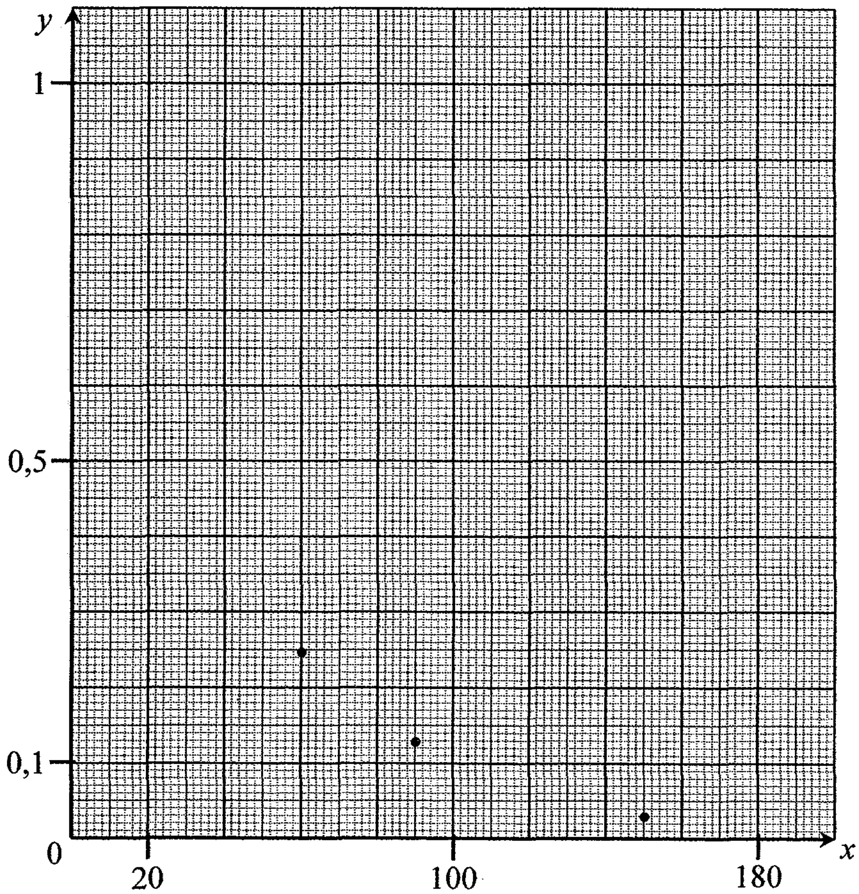
ANNEXE MATHÉMATIQUES

(À remettre avec la copie)

<u>EXERCICE 2 :</u> Partie B : question 1. *Tableau de valeurs arrondies au centième*

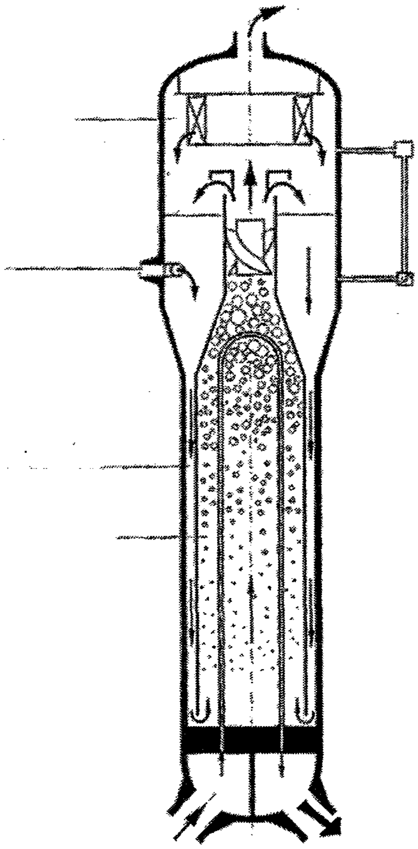
x	0	30	60	90	120	150	180
$f(x)$			0,25	0,13		0,03	

<u>EXERCICE 2 :</u> Partie B : question 2. *Représentation graphique*

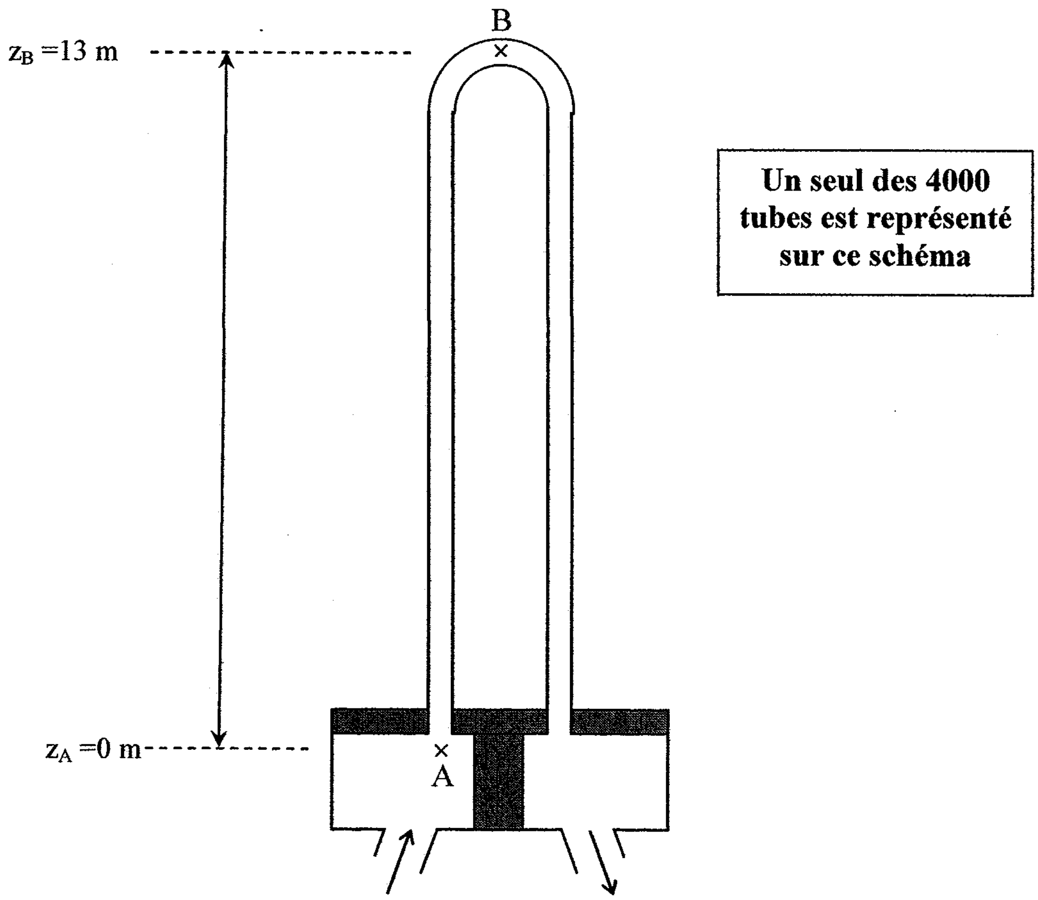


ANNEXE SCIENCES PHYSIQUES

Figure 1 : Générateur de vapeur vu en coupe



<u>Figure 2</u> : Schéma simplifié du générateur de vapeur vu en coupe



FORMULAIRE DE MATHÉMATIQUES DU BACCALAURÉAT PROFESSIONNEL
Secteur industriel : Artisanat, Bâtiment, Maintenance - Productique
(Arrêté du 9 mai 1995 - BO spécial n°11 du 15 juin 1995)

Fonction f	Dérivée f'
$f(x)$	$f'(x)$
$ax+b$	a
x^2	$2x$
x^3	$3x^2$
$\dfrac{1}{x}$	$-\dfrac{1}{x^2}$
$u(x)+v(x)$	$u'(x)+v'(x)$
$a\,u(x)$	$a\,u'(x)$

Logarithme népérien : ln

$\ln(ab) = \ln a + \ln b$ $\qquad \ln(a^n) = n \ln a$

$\ln(a/b) = \ln a - \ln b$

Equation du second degré $ax^2 + bx + c = 0$

$\Delta = b^2 - 4ac$

- Si $\Delta > 0$, deux solutions réelles :

$x_1 = \dfrac{-b+\sqrt{\Delta}}{2a}$ et $x_2 = \dfrac{-b-\sqrt{\Delta}}{2a}$

- Si $\Delta = 0$, une solution réelle double :

$x_1 = x_2 = -\dfrac{b}{2a}$

- Si $\Delta < 0$, aucune solution réelle

Si $\Delta \geq 0$, $ax^2 + bx + c = a(x-x_1)(x-x_2)$

Suites arithmétiques

Terme de rang 1 : u_1 et raison r

Terme de rang n : $u_n = u_1 + (n-1)r$

Somme des k premiers termes :

$u_1 + u_2 + \cdots + u_k = \dfrac{k(u_1 + u_k)}{2}$

Suites géométriques

Terme de rang 1 : u_1 et raison q

Terme de rang n : $u_n = u_1 q^{n-1}$

Somme des k premiers termes :

$u_1 + u_2 + \cdots + u_k = u_1 \dfrac{1-q^k}{1-q}$

Trigonométrie

$\sin(a+b) = \sin a \cos b + \sin b \cos a$

$\cos(a+b) = \cos a \cos b - \sin a \sin b$

$\cos 2a = 2\cos^2 a - 1$

$\quad\;\; = 1 - 2\sin^2 a$

$\sin 2a = 2 \sin a \cos a$

Statistiques

Effectif total $N = \sum_{i=1}^{p} n_i$

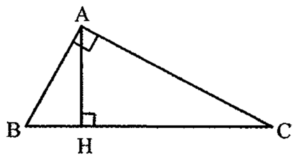
Moyenne $\overline{x} = \dfrac{\sum_{i=1}^{p} n_i x_i}{N}$

Variance $V = \dfrac{\sum_{i=1}^{p} n_i (x_i - \overline{x})^2}{N} = \dfrac{\sum_{i=1}^{p} n_i x_i^2}{N} - \overline{x}^2$

Ecart type $\sigma = \sqrt{V}$

Relations métriques dans le triangle rectangle

$AB^2 + AC^2 = BC^2$



$\sin \widehat{B} = \dfrac{AC}{BC}$; $\cos \widehat{B} = \dfrac{AB}{BC}$; $\tan \widehat{B} = \dfrac{AC}{AB}$

Résolution de triangle

$\dfrac{a}{\sin \widehat{A}} = \dfrac{b}{\sin \widehat{B}} = \dfrac{c}{\sin \widehat{C}} = 2R$

R : rayon du cercle circonscrit

$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos \widehat{A}$

Aires dans le plan

Triangle : $\dfrac{1}{2} bc \sin \widehat{A}$

Trapèze : $\dfrac{1}{2}(B+b)h$

Disque : πR^2

Aires et volumes dans l'espace

Cylindre de révolution ou prisme droit d'aire de base B et de hauteur h : Volume Bh

Sphère de rayon R :

Aire : $4\pi R^2$ $\qquad$ Volume : $\dfrac{4}{3}\pi R^3$

Cône de révolution ou pyramide de base B et de hauteur h : Volume $\dfrac{1}{3} Bh$

Calcul vectoriel dans le plan - dans l'espace

Plan	Espace
$\vec{v}.\vec{v}' = xx' + yy'$	$\vec{v}.\vec{v}' = xx' + yy' + zz'$
$\lVert\vec{v}\rVert = \sqrt{x^2+y^2}$	$\lVert\vec{v}\rVert = \sqrt{x^2+y^2+z^2}$

Si $\vec{v} \neq \vec{0}$ et $\vec{v}' \neq \vec{0}$:

$\vec{v}.\vec{v}' = \lVert\vec{v}\rVert \times \lVert\vec{v}'\rVert \cos(\vec{v},\vec{v}')$

$\vec{v}.\vec{v}' = 0$ si et seulement si $\vec{v} \perp \vec{v}'$