# BACCALAUREAT PROFESSIONNEL
## Électrotechnique Énergie Équipements Communicants

**SESSION 2010**

# E1 – Épreuve scientifique

## Sous-épreuve E11
## mathématiques et sciences physiques

**Durée : 2 heures** **Coefficient : 2**

Les documents à rendre obligatoirement avec la copie seront agrafés par le surveillant sans indication d'identité du candidat.
Les exercices de mathématiques et de sciences physiques seront rédigés sur la même copie.

Circulaire N°99-186 du 16-11-1999 : le matériel autorisé comprend toutes les calculatrices de poche, y compris les calculatrices programmables, alphanumérique ou à écran graphique à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimante.
Chaque candidat ne peut utiliser qu'une seule machine sur table. En cas de défaillance, elle pourra être remplacée.
Les échanges de machines entre candidats, la consultation des notices fournies par les constructeurs ainsi que les échanges d'informations par l'intermédiaire des fonctions de transmission des calculatrices **sont interdits.**

Le sujet comporte 7 pages dont :
- 1 page de garde (page 1)
- **1 page d'annexe à rendre obligatoirement avec la copie** (page 6)
- 1 page formulaire de mathématiques (page 7)

**Barème :**

**1ère partie - Sciences physiques (5 points)**

| | | |
|---|---|---|
| Exercice 1 : Chimie | 3,5 points | pages 2 et 3 |
| Exercice 2 : Mécanique | 1,5 points | page 3 |

**2ème partie - Mathématiques (15 points)**

| | | |
|---|---|---|
| Exercice 3 : Calcul de volume | 2,5 points | page 4 |
| Exercice 4 : Equation différentielle | 2,5 points | page 4 |
| Exercice 5 : Calcul numérique et étude de fonction | 10 points | page 5 |

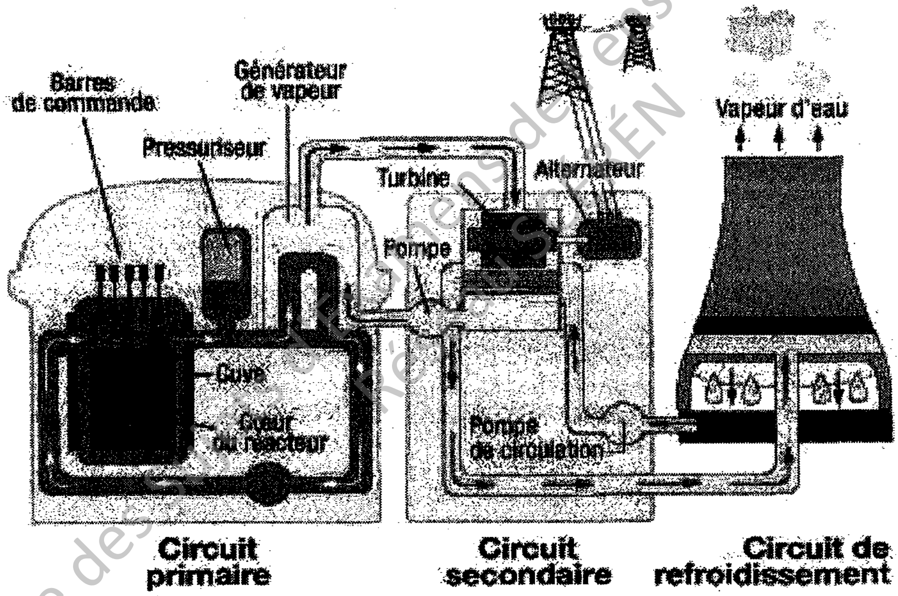
# SCIENCES PHYSIQUES 5 points

Sur le site nucléaire de Tricastin, E.D.F. exploite la centrale nucléaire du Tricastin. Cette centrale comprend quatre Réacteurs à Eau Pressurisée (R.E.P.) de 915 MW (1 MW = $10^6$ W) chacun, soit une puissance totale de 3 660 MW pour la centrale.

Le principe de fonctionnement d'un R.E.P. pour la production d'électricité est schématisé comme suit :

| La fission des atomes d'uranium engendre de la chaleur | → | Grâce à cette chaleur, on fait chauffer de l'eau | → | L'eau ainsi chauffée permet d'obtenir de la vapeur | → | La pression de cette vapeur fait tourner une turbine | → | La turbine entraîne un alternateur qui produit de l'électricité |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

Chaque R.E.P. de Tricastin possède 3 générateurs de vapeur.




**<u>Exercice n°1 : Chimie</u> (3,5 points)**

La fission de l'uranium dans le cœur du réacteur fournit une grande quantité de chaleur.
L'énergie thermique fournie par la fission de 1 g d'uranium est de $8\times10^7$ kJ.
La combustion d'une mole de propane libère 2 200 kJ.

Le but de l'exercice est de retrouver la masse de propane qu'il faut brûler pour fournir la même énergie thermique que la fission d'1 g d'uranium.

**1.1.** Donner la formule chimique brute du propane.

**1.2.** Calculer, en g/mol, la masse molaire moléculaire du propane.

**1.3.** Recopier, compléter et équilibrer l'équation de la réaction de combustion complète du propane.

$$\ldots + \ldots O_2 \longrightarrow \ldots + \ldots$$

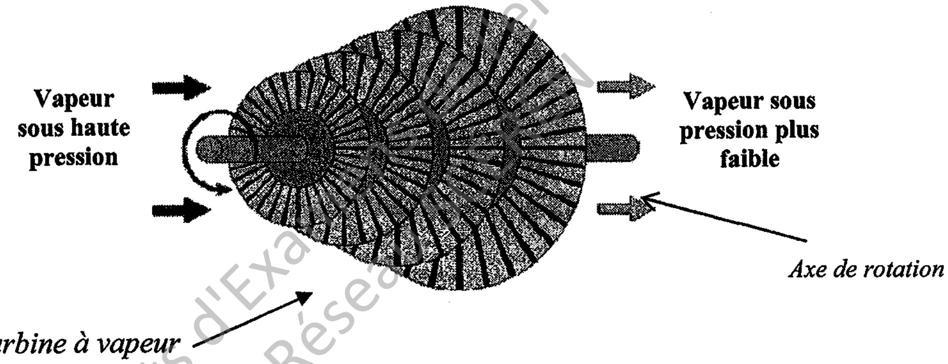
**1.4.** Calculer le nombre n de moles de propane nécessaire pour que sa combustion produise une énergie thermique de $8\times10^7$ kJ. Arrondir le résultat à l'unité.

**1.5.** Calculer, en g, la masse *m* de propane nécessaire pour que sa combustion produise autant d'énergie thermique que 1g d'uranium.
Convertir ce résultat en tonne, arrondi au dixième.

Données : $M$(H) = 1 g/mol ; $M$(C) = 12 g/mol

**Exercice n°2 : Mécanique (1,5 points)**

La vapeur à haute pression produite dans le circuit secondaire fait tourner à grande vitesse une turbine.
L'axe de rotation de la turbine entraîne un alternateur qui produit des tensions alternatives sinusoïdales.



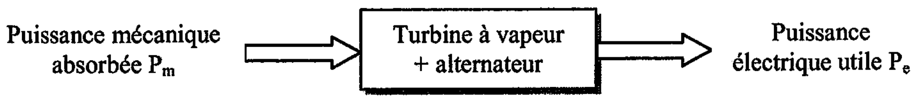

La vapeur d'eau exerce sur l'ensemble, par l'intermédiaire des pales de la turbine, une action motrice correspondant à un couple dont le moment est $M = 2{,}4\times10^6$ N.m.

La vitesse de rotation de l'ensemble « turbine + axe » est de 3 000 tr/min.

**2.1.** Calculer, en rad/s, la vitesse de rotation angulaire ω de la turbine.

**2.2.** Calculer, en MW, la puissance motrice $P_m$ fournie par la vapeur d'eau à la turbine. Arrondir le résultat à l'unité.

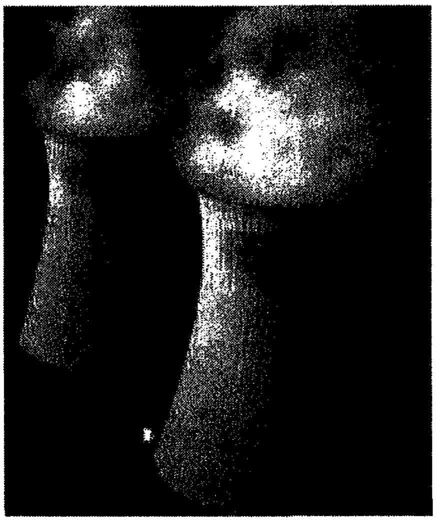
**2.3.** On considère la chaîne énergétique ci-dessous :




Le rendement global de l'ensemble « turbine à vapeur + alternateur » est de 40%.
Calculer, en MW, la puissance électrique $P_e$ fournie par cet ensemble.

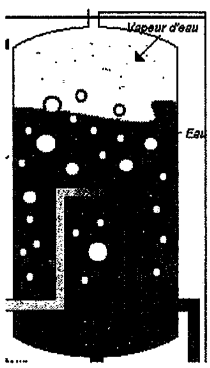
Donnée : P = M.ω

## MATHEMATIQUES 15 points



Dans le cœur du réacteur, le combustible nucléaire subit des transformations qui vont le rendre de moins en moins performant.

Les déchets radioactifs sont provisoirement stockés en piscine en vue de leur désactivation, puis transporté jusqu'à l'usine de retraitement dans un emballage étanche.




### Exercice n°3 : Calcul de volume (2,5 points)

Les cuves des générateurs de vapeur sont des cylindres dont les dimensions sont :

| | |
|---|---|
| Hauteur intérieure de la cuve | $H_{int} = 14{,}54$ m |
| Diamètre intérieur de la cuve | $D_{int} = 5{,}54$ m |
| Epaisseur des parois de la cuve | e = 23 cm. |

**3.1.** Calculer, en m, la hauteur extérieure $H_{ext}$ et le diamètre extérieur $D_{ext}$.

**3.2.** Calculer, en $m^3$, le volume intérieur de la cuve. Arrondir le résultat au dixième.

### Exercice n°4 : Equation différentielle (2,5 points)

Une fois retiré du réacteur, le combustible contient encore une grande quantité de matières énergétiques radioactives récupérables : 97% sous forme d'uranium et de plutonium et 3% de déchets.

Chaque réacteur utilise annuellement 88 kg de combustible nucléaire.

**4.1.** Calculer, en kg, la masse annuelle $m$ de déchets radioactifs.

**4.2.** Pour les déchets des R.E.P. de Tricastin, la masse radioactive $m$ de déchets évolue en fonction du temps $t$ et vérifie l'équation différentielle $m' = -9{,}9.10^{-4} \times m$

**4.2.1.** Donner la solution générale de cette équation différentielle.

**4.2.2.** Donner la solution qui vérifie la condition initiale $m(0) = 2{,}6$
Que signifie $m(0) = 2{,}6$ ?

**<u>Exercice n°5 : Calcul numérique et étude de fonction</u> (10 points)**

La masse radioactive $m$ de déchets évolue au cours du temps $t$, exprimé en millions d'années.

**5.1.** Résoudre l'équation : $1{,}3 = 2{,}6.e^{(-9{,}9.10^{-4}).t}$

Arrondir le résultat à l'unité.

En déduire le nombre d'années au bout duquel la moitié des déchets a perdu sa radioactivité, correspondant à la demi vie de radioactivité.

**5.2.** On considère la fonction $f$ définie sur [0 ; 3 000] par : $f(t) = 2{,}6e^{(-9{,}9.10^{-4}).t}$

**5.2.1.** Déterminer la fonction dérivée $f'$ de la fonction $f$ sur l'intervalle [0 ; 3 000].

**5.2.2.** Etudier le signe de la fonction dérivée $f'$ sur l'intervalle [0 ; 3 000].

**5.2.3.** Compléter le tableau de variations de la fonction $f$ sur ***l'annexe***.

**5.2.4.** Compléter le tableau de valeurs sur ***l'annexe***.

**5.2.5.** En utilisant le repère de ***l'annexe***, tracer la courbe représentative de la fonction $f$ sur [0 ; 3 000].

**5.2.6.** Déterminer graphiquement le nombre d'années au bout duquel la masse de déchets radioactifs devient inférieure à 0,8 kg.

**5.2.7.** Interprétation des résultats : recopier **les deux** affirmations exactes :

***A.*** *La masse radioactive de déchets diminue plus rapidement entre 0 et 500 millions d'années qu'entre 1 000 et 1 500 millions d'années.*

***B.*** *La diminution de la masse radioactive de déchets est proportionnelle au temps.*

***C.*** *Dans 450 millions d'années, la masse radioactive de déchets sera de 1,9 kg.*

***D.*** *C'est entre 2 500 et 3 000 millions d'années que la masse radioactive de déchets diminue le plus.*

***E.*** *La masse radioactive de déchets ne sera jamais nulle.*

**5.3.** La masse moyenne radioactive de déchets, entre les temps $t_1$ et $t_2$, est donnée par la relation : $\overline{m} = \frac{1}{t_2 - t_1}\int_{t_1}^{t_2} m(t).dt$

Calculer, en kg, la masse moyenne radioactive de déchets entre 0 et 700 millions d'années.

Arrondir le résultat au centième.

On prendra $m(t) = 2{,}6\,e^{(-9{,}9.10^{-4}).t}$

## ANNEXE A RENDRE AVEC LA COPIE

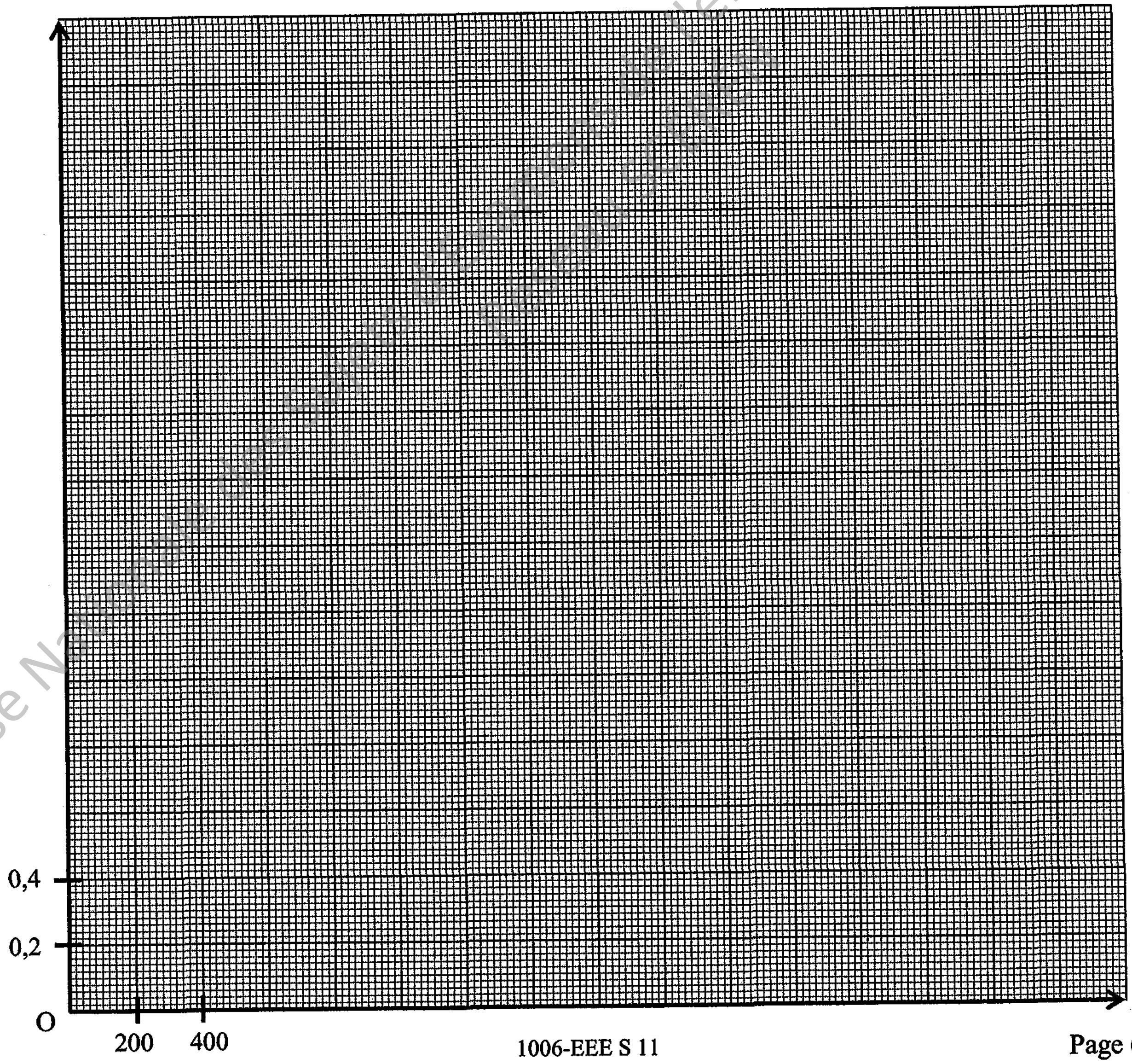
### 5.2.3. Tableau de variation de la fonction *f*

| $t$ | 0 3 000 |
|---|---|
| Signe de $f'(t)$ | |
| Variation de $f$ | |

### 5.2.4. Tableau de valeurs de la fonction *f*. Arrondir les résultats au centième

| $t$ | 0 | 100 | 200 | 400 | 500 | 600 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $f(t)$ | 2,60 | | | | 1,58 | | 0,97 | 0,59 | | | 0,13 |

### 5.2.5. Représentation graphique de la fonction



**FORMULAIRE DE MATHÉMATIQUES BACCALAUREAT PROFESSIONNEL**
**Secteur industriel : Métiers de l'électricité**
(Arrêté du 9 mai 1995 - BO spécial n° 11 du 15 juin 1995

| Fonction f | Dérivée f' |
|---|---|
| $f(x)$ | $f'(x)$ |
| $ax+b$ | $a$ |
| $x^2$ | $2x$ |
| $x^3$ | $3x^2$ |
| $\frac{1}{x}$ | $-\frac{1}{x^2}$ |
| $\ln x$ | $1/x$ |
| $e^x$ | $e^x$ |
| $e^{ax+b}$ | $a\,e^{ax+b}$ |
| $\sin x$ | $\cos x$ |
| $\cos x$ | $-\sin x$ |
| $\sin(ax+b)$ | $a\cos(ax+b)$ |
| $\cos(ax+b)$ | $-a\sin(ax+b)$ |
| $u(x)+v(x)$ | $u'(x)+v'(x)$ |
| $a\,u(x)$ | $a\,u'(x)$ |
| $u(x)\,v(x)$ | $u'(x)\,v(x)+u(x)\,v'(x)$ |
| $\frac{1}{u(x)}$ | $-\frac{u'(x)}{[u(x)]^2}$ |
| $\frac{u(x)}{v(x)}$ | $\frac{u'(x)\,v(x)-u(x)\,v'(x)}{[v(x)]^2}$ |

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

$\Delta = b^2-4ac$

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

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

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

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

- 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 :

$$u_1+u_2+\ldots+u_k = \frac{k(u_1+u_k)}{2}$$

**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 :

$$u_1+u_2+\ldots+u_k = u_1\frac{1-q^k}{1-q}$$

**Logarithme népérien : ln**

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

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

**Equations différentielles**

$y' - ay = 0$ $\qquad y = k\,e^{ax}$

$y'' + \omega^2 y = 0$ $\qquad y = a\cos\omega x + b\sin\omega x$

**Trigonométrie**

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

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

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

$\qquad = 1 - 2\sin^2 a$

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

**Nombres complexes** ($j^2 = -1$)

| forme algébrique | forme trigonométrique |
|---|---|
| $z = x + jy$ | $z = \rho(\cos\theta + j\sin\theta)$ |
| $\bar{z} = x - jy$ | $\bar{z} = \rho(\cos\theta - j\sin\theta)$ |
| $\lvert z\rvert = \sqrt{x^2+y^2}$ | $\rho = \lvert z\rvert$ |
| | $\theta = \arg(z)$ |

**Calcul vectoriel dans le plan**

$\vec{v}\cdot\vec{v}' = xx' + yy'$

$\|\vec{v}\| = \sqrt{x^2+y^2}$

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

$\vec{v}\cdot\vec{v}' = \|\vec{v}\|\cdot\|\vec{v}'\|\cos(\vec{v},\vec{v}')$ ;

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

**Aires dans le plan**

Triangle : $\frac{1}{2}bc\sin\hat{A}$ $\quad$ Trapèze : $\frac{1}{2}(B+b)h$

Disque : $\pi R^2$

**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 : $\frac{4}{3}\pi R^3$.

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

**Calcul intégral**

* Relation de Chasles :

$$\int_a^c f(t)dt = \int_a^b f(t)dt + \int_b^c f(t)dt$$

* $\int_a^b (f+g)(t)dt = \int_a^b f(t)dt + \int_a^b g(t)dt$

* $\int_a^b kf(t)dt = k\int_a^b f(t)dt$