



MINISTÈRE  
DE L'ÉCONOMIE  
ET DES FINANCES

MINISTÈRE  
DU COMMERCE  
EXTÉRIEUR

MINISTÈRE  
DU REDRESSEMENT  
PRODUCTIF

MINISTÈRE  
DE L'ARTISANAT,  
DU COMMERCE ET DU TOURISME



## CONCOURS INTERNE POUR LE RECRUTEMENT DE TECHNICIENS SUPERIEURS PRINCIPAUX DE L'ECONOMIE ET DE L'INDUSTRIE

*SESSION 2013*



EPREUVE ECRITE D'ADMISSIBILITE DU 20 NOVEMBRE 2013



**MATHEMATIQUES - PHYSIQUE - CHIMIE**



(Durée : 3 heures - Coefficient : 3)

L'usage d'une calculatrice de poche est autorisé (standard, programmable ou alphanumérique) à condition qu'elle soit autonome et qu'elle ne comporte ni dispositif d'impression, ni dispositif externe de stockage d'information.

Les notices de fonctionnement ne sont pas autorisées.

Le candidat attachera la plus grande importance à la clarté, à la précision et à la concision de la rédaction ; si un candidat est amené à repérer ce qui peut lui sembler être une erreur d'énoncé, il le signalera sur sa copie et devra poursuivre sa composition en expliquant les raisons des initiatives qu'il a été amené à prendre.

**ATTENTION : LES CANDIDATS DEVRONT REMETTRE UNE  
ANNEXE (PAGE DE COULEUR) A INSERER DANS LEUR COPIE**

### REMARQUES IMPORTANTES :

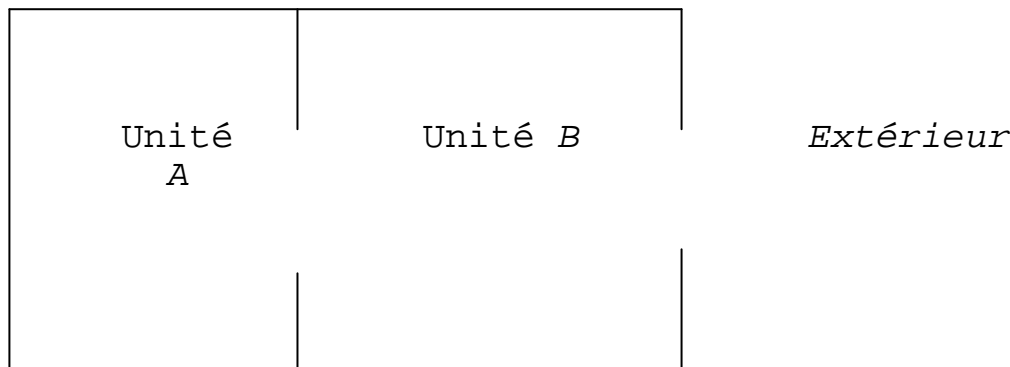
- les copies doivent être rigoureusement anonymes et ne comporter aucun signe distinctif ni signature, même fictive, sous peine de nullité.
- le candidat s'assurera, à l'aide de la pagination, qu'il détient un sujet complet.

**TOUTE NOTE INFÉRIEURE A 6 SUR 20 EST ELIMINATOIRE**

## PARTIE MATHÉMATIQUES

### Premier problème

Une usine fabrique des produits chimiques. Elle comprend 2 parties : l'unité  $A$  et l'unité  $B$ . Les produits chimiques sont fabriqués dans l'unité  $A$  et stockés dans l'unité  $B$ . L'unité  $A$  ouvre sur l'unité  $B$  et l'unité  $B$  ouvre sur l'extérieur.



Un nuage de polluants  $N$  est émis au sein de l'unité  $A$  à l'instant  $t = 0$ .

Soit  $n$  un entier naturel.

On admet que, à tout instant  $t = n$ , le nuage  $N$  ne peut occuper que l'une des 3 positions suivantes :

- au sein de l'unité  $A$  ;
- au sein de l'unité  $B$  ;
- à l'extérieur de l'usine.

A chaque instant  $t = n$ , la position du nuage  $N$  obéit aux règles suivantes :

- Lorsque le nuage  $N$  est dans l'unité  $A$  à l'instant  $t = n$ , alors, à l'instant  $t = n + 1$ , soit il reste dans l'unité  $A$  avec une probabilité de  $\frac{1}{3}$ , soit il est dans l'unité  $B$  avec une probabilité de  $\frac{2}{3}$ .
- Lorsque le nuage  $N$  est dans l'unité  $B$  à l'instant  $t = n$ , alors, à l'instant  $t = n + 1$ , soit il reste dans l'unité  $B$  avec une probabilité de  $\frac{1}{2}$ , soit il se trouve dans l'unité  $A$  avec une probabilité de  $\frac{1}{4}$ , soit il est à l'extérieur de l'usine avec une probabilité  $x$ .
- Lorsque le nuage  $N$  est à l'extérieur de l'usine à l'instant  $t = n$ , alors à tout instant  $t > n$ , il reste à l'extérieur.

Pour tout entier  $n$ , on note :

- $A_n$  l'événement " le nuage  $N$  est dans l'unité  $A$  à l'instant  $t = n$  " ;
- $B_n$  l'événement " le nuage  $N$  est dans l'unité  $B$  à l'instant  $t = n$  " ;
- $C_n$  l'événement " le nuage  $N$  est à l'extérieur de l'usine à l'instant  $t = n$  ".

1°/ Déterminer le réel  $x$ .

On rappelle, qu'à l'instant  $t = 0$ , le nuage est dans l'unité  $A$ .

2°/ Quelle est la probabilité, qu'à l'instant  $t = 1$ , le nuage  $N$  soit dans l'unité  $A$  ?

3°/ a) Déterminer la probabilité, qu'à l'instant  $t = 2$ , le nuage  $N$  soit dans l'unité  $B$  sachant qu'il était dans l'unité  $A$  à l'instant  $t = 1$ .

b) Calculer la probabilité que le nuage  $N$  soit dans l'unité  $B$  à l'instant  $t = 2$ .

4°/ Calculer la probabilité que le nuage N soit à l'extérieur de l'usine à l'instant  $t = 2$ .

5°/ Sachant qu'à l'instant  $t = 2$ , le nuage N est dans l'unité A, quelle est la probabilité qu'il fût dans l'unité B à l'instant  $t = 1$ ?

On note  $a_n$  et  $b_n$  les probabilités respectives des événements  $A_n$  et  $B_n$ .

## Deuxième problème

On considère la fonction définie sur  $\mathbf{R}$  par :

$$f(x) = \frac{3e^x - 1}{e^x + 1}$$

1°/ Calculer  $f(0)$  et  $f(1)$ .

2°/ Déterminer la limite de  $f$  en  $-\infty$  puis la limite de  $f$  en  $+\infty$ .

3°/ Calculer la dérivée de la fonction  $f$ . En déduire le tableau de variations de  $f$ .

On note  $(\Gamma)$  la représentation graphique de  $f$  dans un repère orthonormé  $(O; \vec{i}, \vec{j})$ ; unité graphique 2cm.

4°/ Montrer que  $(\Gamma)$  coupe l'axe des abscisses en un unique point dont on donnera les coordonnées.

5°/ Déterminer une équation de la tangente  $(T)$  à la courbe  $(\Gamma)$  au point d'abscisse 0.

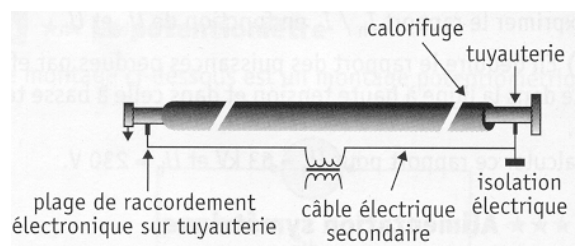
6°/ Tracer dans le repère  $(O; \vec{i}, \vec{j})$ , unité graphique 2cm, la droite  $(T)$ , la courbe  $(\Gamma)$  et ses asymptotes.

## PARTIE PHYSIQUE

### Exercice I :

Une raffinerie doit transporter des produits bitumeux à forte viscosité qui, à une température de 180 °C, sont liquides. La solution retenue est la canalisation dite Tube à Passage de Courant ou TPC. Il s'agit d'un tube métallique, souvent en acier inoxydable, qui sert à la fois de conduit pour le fluide et de conducteur chauffant. Le tube de canalisation est mis sous tension par tronçon et, pour éviter les pertes thermiques, il est calorifugé. Les caractéristiques techniques de fonctionnement sont :

<b>Caractéristiques de la ligne</b> Longueur de la ligne : 405 m Diamètre : 154,1 mm Matériau du tube : acier standard Calorifuge : laine de roche	<b>Préchauffage du bitume haute viscosité</b> Température initiale : 0°C Température de fonctionnement : 180°C Fluide à l'intérieur de la ligne : Bitume haute viscosité (CHV) Masse volumique du CHV : $\rho = 1050 \text{ kg.m}^{-3}$ . Capacité thermique massique du CHV : $c = 2930 \text{ J.kg.}^\circ\text{C}^{-1}$ Pas de changement de phase du CHV Temps de préchauffage : 5 jours
<b>Alimentation électrique</b> Pour respecter les règles relatives à la TBTS (Très Basse Tension de Sécurité), la tension d'alimentation du tube est limitée à 50V.	



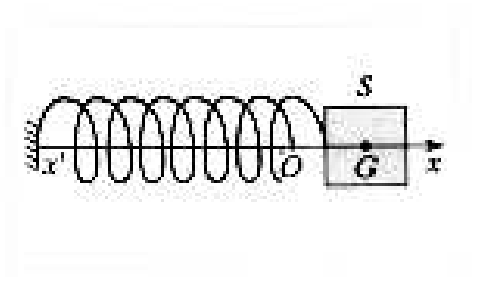
A partir de ces données, pour la phase de préchauffage :

- I.1. Calculer le volume  $V$  puis la masse  $m$  de bitume contenue dans une ligne.
- I.2. Calculer l'énergie thermique  $Q$  nécessaire pour amener le bitume de haute viscosité de la température initiale à la température de fonctionnement.
- I.3. Le rendement énergétique étant de 90%, calculer l'énergie électrique  $W_e$  consommée pour chauffer le bitume.
- I.4. En déduire la puissance électrique  $P_e$ .
- I.5. Calculer l'intensité  $I$  du courant qui circule dans le tube.

### Exercice II :

Les normes de construction parasismique sont un ensemble de règles de conception et de construction à appliquer aux bâtiments pour qu'ils résistent le mieux possible à un séisme. Classiquement, une structure antisismique peut être modélisée par des masses reliées entre elles et au sol par des ressorts et des amortisseurs. On se propose, dans cet exercice d'étudier un modèle simple d'oscillateur.

Un ressort de raideur  $k = 4,0 \cdot 10^3 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$ , à spires non jointives, est étudié sur le banc d'essais schématisé ci-dessous :



Un solide S, de masse  $m=100 \text{ kg}$ , fixé à l'extrémité du ressort, est guidé par l'intermédiaire d'une tige horizontale  $(x, x')$ . On supposera que le mouvement est sans frottement. L'abscisse du centre d'inertie G du solide est repérée par rapport à la position O de G au repos.

On écarte le solide S de sa position d'équilibre et on le lâche sans vitesse initiale à la date  $t=0$ . Son abscisse est alors  $x_0=5,0 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ .

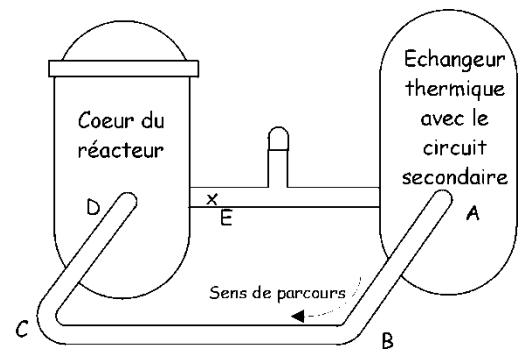
- II.1. Faire le bilan des forces s'exerçant sur le solide S et représenter ces forces sur un schéma.
- II.2. Etablir l'équation différentielle du mouvement à partir de la relation fondamentale de la dynamique (deuxième loi de Newton).
- II.3. Calculer la période propre  $T_0$  des oscillations.
- II.4. Etablir l'équation horaire du mouvement.
- II.5. Donner l'expression de l'énergie cinétique  $E_c$  puis de l'énergie potentielle élastique  $E_{pe}$  du système. Retrouver l'équation différentielle à partir de la conservation de l'énergie.

### Exercice III :

On se propose d'étudier le circuit primaire d'une centrale nucléaire.

De l'eau sous pression circule dans ce circuit en parcours fermé (voir schéma ci-contre). Elle s'échauffe lors de son passage dans le cœur du réacteur grâce à l'énergie produite par les éléments combustibles. Cette énergie calorifique, transportée par l'eau sous pression, est utilisée, via l'échangeur, par le circuit secondaire (non représenté) pour produire de l'énergie électrique.

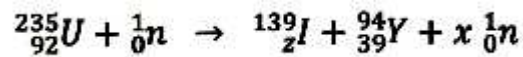
Pour l'étude qui suit, on considère que tous les points du circuit primaire sont à la même altitude.



Données numériques

- Débit massique de l'eau :  $Q_m = 13,2 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$ .
- Diamètre de la conduite du circuit primaire :  $D = 600 \text{ mm}$ .
- Longueurs de la conduite.  $l_{AB} = l_{CD} = 2,0 \text{ m}$  ;  $l_{BC} = 5,0 \text{ m}$  et chaque coude, en B et C, équivaut pour les pertes de charges à une longueur supplémentaire de  $1,0 \text{ m}$ .
- Masse volumique de l'eau :  $\rho_{\text{eau}} = 1,0 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ .
- Viscosité cinématique de l'eau :  $\nu = 5,0 \times 10^{-7} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ .
- $g = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ .

**III.1.** Dans un réacteur nucléaire, l'une des réactions possibles est :



**III.1.1.** Cette réaction est-elle une réaction de fission, de fusion ou une désintégration spontanée ? Justifier brièvement.

**III.1.2.** Déterminer  $Z$  et  $x$  en rappelant les lois utilisées.

**III.2.** Calculer le débit volumique  $Q_v$  de l'eau dans le circuit primaire.

**III.3.** Montrer que la vitesse de l'eau dans la conduite ABCD est  $v = 46,7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

**III.4.** Calculer le nombre de Reynolds dans cette conduite. En déduire le type d'écoulement.

**III.5.** Que vaut le coefficient de pertes de charges linéaires  $\lambda$ , dans la conduite.

**III.6.** Calculer les pertes de charges linéaires  $J_{AD}$  exprimée en mètres dans la conduite entre les points A et D. En déduire la variation de pression  $\Delta p = p_D - p_A$  correspondante.

On donne les coefficients de pertes de charges linéaires  $\lambda$  :

$Re < 3000$	Écoulement laminaire	$\lambda = \frac{64}{Re}$
$3000 < Re < 10^5$	Écoulement turbulent lisse	$\lambda = (100 Re)^{-0,25}$
$Re > 10^5$	Écoulement turbulent rugueux	$\lambda = 3,5 \times 10^{-2}$ , indépendant de $Re$

On rappelle que les pertes de charge linéaire dans une conduite de longueur  $L$  sont données par la

formule :  $J = \frac{\lambda}{D} \frac{v^2}{2g} L$

## PARTIE CHIMIE

### Exercice I :

Le silicium est utilisé dans certains alliages de l'aluminium, dans les silicones et en électronique. Il est obtenu par réduction de la silice  $\text{SiO}_2$  par le carbone C. On obtient du silicium Si et du monoxyde de carbone CO.

**I.1.** Ecrire l'équation bilan de la réaction.

**I.2.** Montrer, en utilisant les nombres d'oxydation, que le carbone est bien le réducteur.

**I.3.** La production française de silicium a été de 110000 tonnes en 2011.

**I.3.1.** Calculer la quantité de matière  $n(\text{Si})$ , exprimée en moles, de silicium produite en 2011.

**I.3.2.** Donner les relations liant les quantités de matière de silicium et de carbone d'une part, de silicium et de silice d'autre part.

**I.3.3.** En déduire les masses de carbone et de silice qui ont été utilisées pour cette production.

**Données :** Masses molaires en  $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$  :  $M(\text{C})=12,0$   $M(\text{O})=16,0$   $M(\text{Si})=28,1$ .

### Exercice II :

L'eau oxygénée, de formule  $\text{H}_2\text{O}_2$ , est surtout connue pour ses propriétés antiseptiques. Cependant, elle est employée dans d'autres domaines tels que l'industrie textile, papetière, etc.

Elle se décompose très lentement en eau et en dioxygène et cette réaction de dismutation peut être accélérée par une solution de chlorure de fer III.

**II.1.** Donner le nombre de protons, de neutrons, de nucléons et d'électrons d'un atome d'oxygène.

**II.2.** Donner la configuration électronique de l'atome d'oxygène et de l'atome d'hydrogène. En déduire le nombre d'électrons de valence de ces atomes.

**II.3.** Donner le schéma de Lewis de la molécule d'eau et donner sa structure géométrique en utilisant la théorie VSEPR.

**II.4.** Écrire l'équation-bilan de la réaction de décomposition de l'eau oxygénée en eau et dioxygène.

**II.5.** On dispose d'une solution d'eau oxygénée de volume  $V = 100 \text{ mL}$  et de concentration  $C = 6 \times 10^{-3} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ .

A l'instant initial  $t = 0$ , on ajoute 20 mL d'une solution de chlorure de fer III. On dose ensuite régulièrement la quantité d'eau oxygénée restante et on obtient les résultats suivants :

$t$ en minutes	5	10	15	20
quantité de $\text{H}_2\text{O}_2$ restant en moles	$4,6 \times 10^{-4}$	$3,7 \times 10^{-4}$	$2,9 \times 10^{-4}$	$2,3 \times 10^{-4}$

II.5.1. Calculer la quantité de matière  $n_0$  de  $H_2O_2$  à l'instant initial.

II.5.2. Calculer les quantités de matière  $n_1$  et  $n_2$  de dioxygène respectivement formées à  $t_1 = 10$  minutes, puis à  $t_2 = 15$  minutes.

II.5.3. Calculer la vitesse moyenne de formation du dioxygène (en  $mol \cdot s^{-1}$ ) entre les dates  $t_1$  et  $t_2$ .

II.5.4. Comment appelle-t-on le rôle joué par la solution de chlorure de fer III ?

### Données

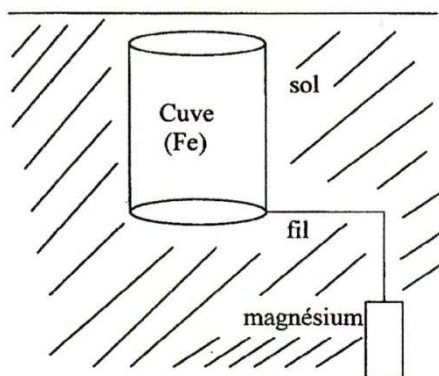
Numéros atomiques :  $H : 1 ; O : 8$

Nombre de masse :  $O : 16$

Masses molaires atomiques en  $g \cdot mol^{-1}$  :  $H : 1,0 ; O : 16,0$

### Exercice III :

Pour protéger contre la corrosion une cuve en acier (fer + carbone) enfouie dans le sol, on la relie par l'intermédiaire d'un fil métallique à une électrode de magnésium.



III.1. Ecrire et équilibrer les demi-équations électroniques qui se produisent sur l'électrode de magnésium et sur la cuve en fer.

III.2. Compléter le schéma fourni en annexe en notant le sens de circulation des électrons, les pôles + et -, l'anode et la cathode.

III.3. Expliquer pourquoi le magnésium est capable de protéger le fer.

III.4. La masse de magnésium utilisée est  $m = 200$  g. On admet que le courant de protection d'intensité  $I = 15,0$  mA est constant. Calculer la durée théorique  $\Delta t$  de cette protection, exprimée en secondes puis en années. On prendra une année égale à 365 jours.

III.5. Quelle serait la masse  $m'$  de fer qui disparaîtrait pendant la durée précédente dans les mêmes conditions si la cuve n'était pas protégée.

### Données :

Potentiels standards des couples d'oxydo-réduction :

$E^0(Fe^{2+}/Fe) = -0,44$  V et  $E^0(Mg^{2+}/Mg) = -2,37$  V.

Masses molaires  $M(Fe) = 55,8$   $g \cdot mol^{-1}$  et  $M(Mg) = 24,3$   $g \cdot mol^{-1}$ .

Quantité d'électricité transportée par une mole d'électron :  $F = 9,65 \cdot 10^4$  C.



Annexe à rendre avec la copie

