



MINISTÈRE DE L'ÉCONOMIE ET DES FINANCES

**CONCOURS INTERNE POUR LE RECRUTEMENT  
DE TECHNICIENS SUPERIEURS PRINCIPAUX  
DE L'ÉCONOMIE ET DE L'INDUSTRIE  
*SESSION 2017***



ÉPREUVE ÉCRITE D'ADMISSIBILITÉ DU 4 AVRIL 2017



**MATHÉMATIQUES – 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.

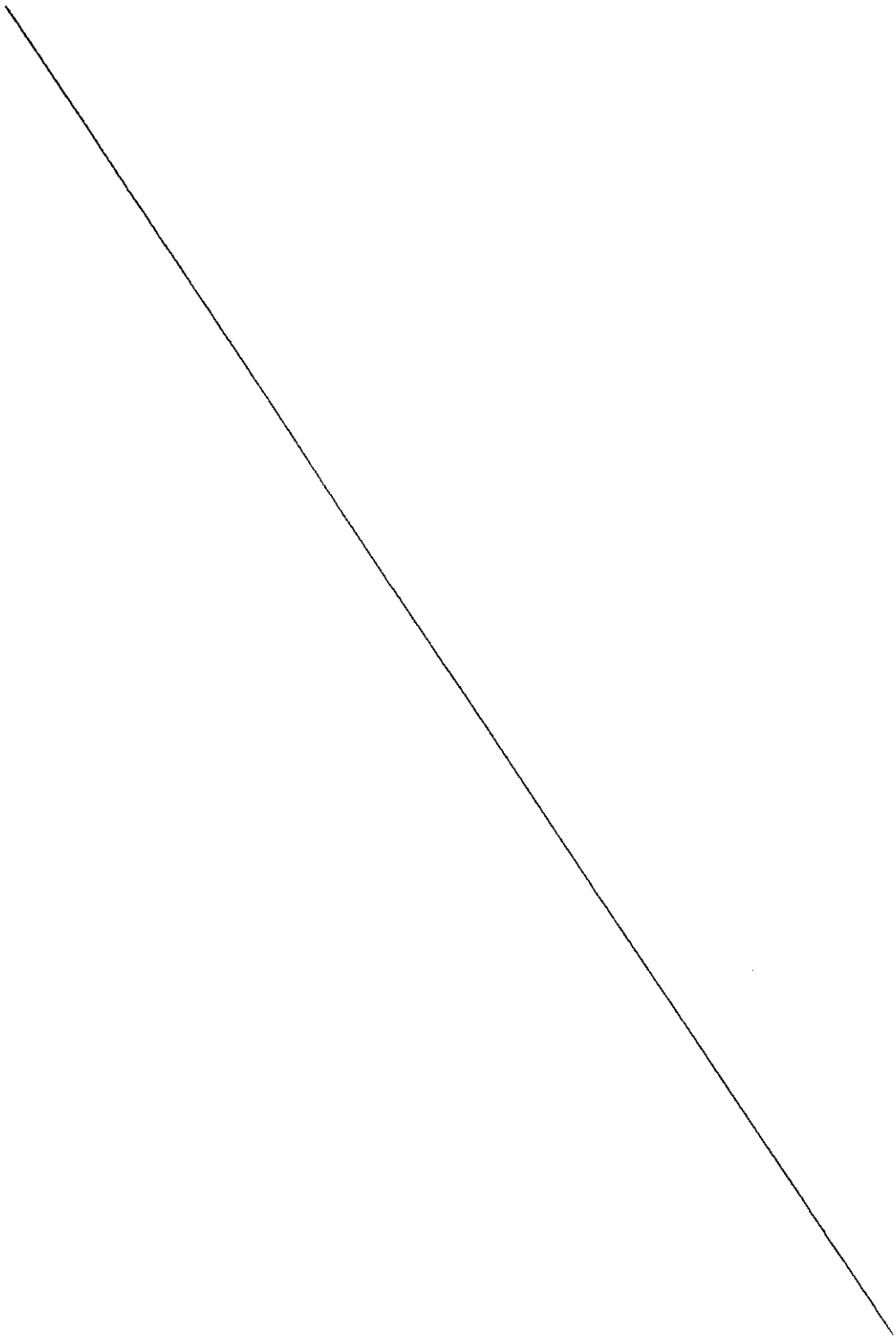
Le candidat attachera la plus grande importance à la clarté, à la précision et à la concision de la rédaction ; si un candidat est amené à repérer ce qui peut lui sembler être une erreur d'énoncé, il le signalera sur sa copie et devra poursuivre sa composition en expliquant les raisons des initiatives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

**Le sujet comporte 6 pages dont une annexe à rendre avec le devoir**

**REMARQUES IMPORTANTES :**

- les copies doivent être rigoureusement anonymes et ne comporter aucun signe distinctif ni signature, même fictive, sous peine de nullité.

**TOUTE NOTE INFÉRIEURE À 6 SUR 20 EST ÉLIMINATOIRE**



## TSPEI mathématiques – concours interne 2017

### Premier Problème

Soit  $f$  la fonction définie de  $\mathbb{R}$  dans  $\mathbb{R}$  par :

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

1°/ Calculer  $f(0)$ . Déterminer les limites de  $f$  en  $-\infty$  et  $+\infty$ .

2°/ Calculer la dérivée de  $f$ . En déduire le tableau de variations.

Soit  $(\Gamma)$  la courbe représentative de  $f$  dans un repère orthogonal  $(O; \vec{u}, \vec{v})$   
(unités : 2 cm en abscisses et 10 cm en ordonnées)

3°/ Montrer que le point  $I$  de coordonnées  $\left(0, \frac{1}{2}\right)$  est centre de symétrie de la courbe  $(\Gamma)$ .

4°/ Ecrire une équation de la tangente  $(T)$  à la courbe  $(\Gamma)$  au point  $I$ .

5°/ Construire  $(\Gamma)$  et  $(T)$  dans le repère  $(O; \vec{u}, \vec{v})$ .

6°/ Soit  $a < 0$ . Déterminer l'aire comprise entre la courbe  $(\Gamma)$ , l'axe des abscisses et les droites d'équations  $x = 0$  et  $x = a$ .  
Déterminer la limite de cette aire quand  $a$  tend vers  $-\infty$ .

### Deuxième Problème

Une entreprise a embauché 10 opérateurs, 6 hommes et 4 femmes. L'entreprise veut constituer une équipe comprenant 6 opérateurs qui travailleront dans la nouvelle unité de production. Pour cela, l'entreprise choisit au hasard les 6 membres de l'équipe parmi les 10 embauchés. On supposera que les choix d'équipes sont équiprobables.

1°/ Déterminer le nombre d'équipes possibles.

2°/ Quelle est la probabilité d'avoir une équipe

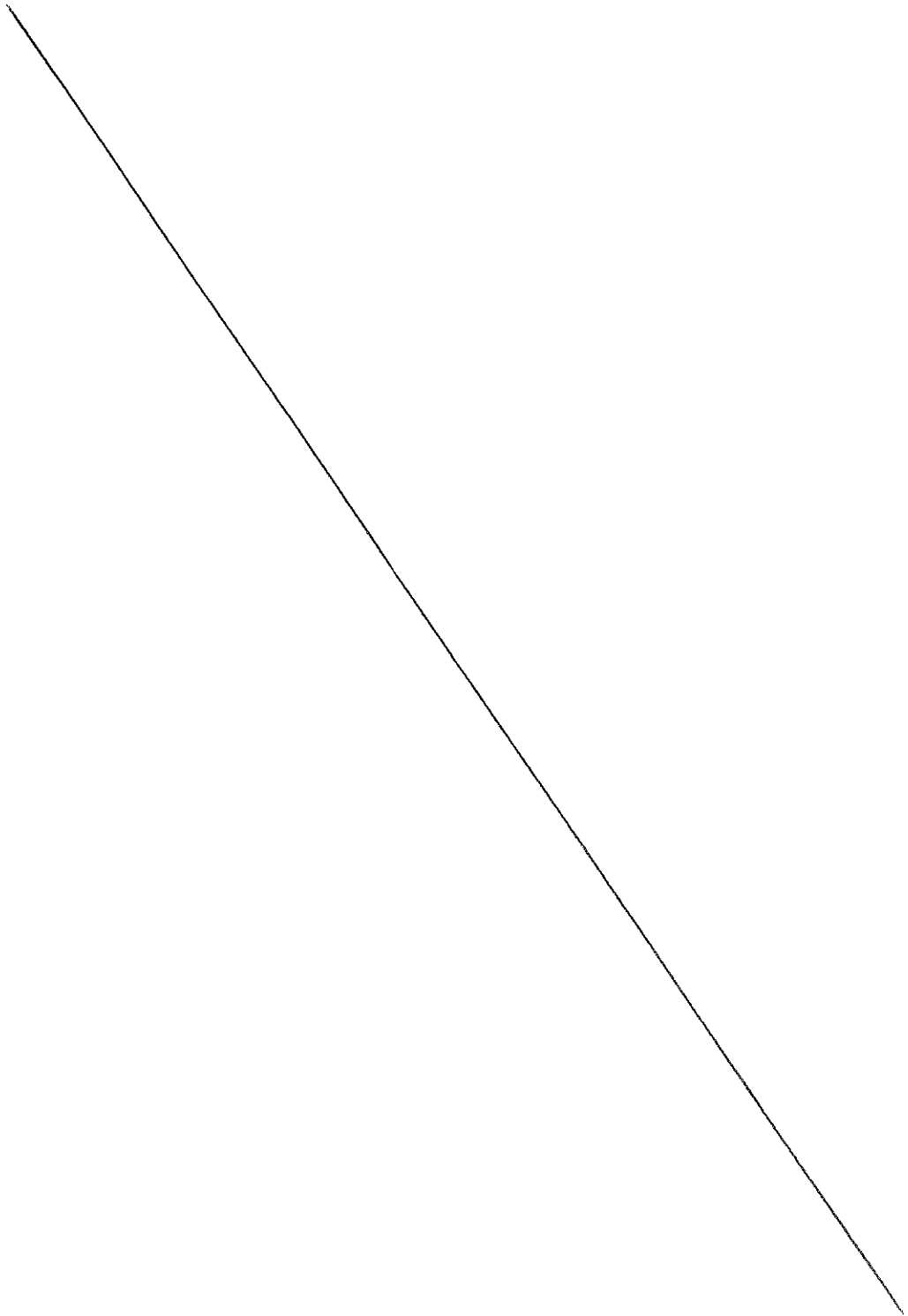
a) composée de 6 hommes ?

b) composée de 3 hommes et de 3 femmes ?

3°/ Deux opérateurs, Céline et Nicolas, désirent travailler ensemble dans la nouvelle unité de production. Quelle est la probabilité de voir leur vœu se réaliser ?

4°/ Lors du recrutement, les 10 opérateurs ont été classés par ordre de mérite : du rang 1 au rang 10. On choisit au hasard un opérateur parmi les 10 (on supposera les choix équiprobables). Soit  $X$  la variable aléatoire égale au rang de l'opérateur choisi. Déterminer la loi de  $X$  et son espérance  $E(X)$ .

Note : on donnera les résultats sous la forme de fractions irréductibles



# TSPEI Physique-Chimie concours interne 2017

## Exercice I : Accumulateur NiMH

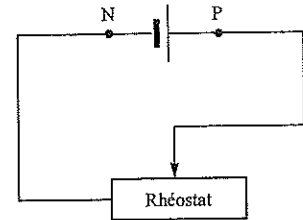
Le développement de l'électronique portable oblige à trouver des solutions permettant de stocker de l'énergie électrique simplement. Les accumulateurs sont des systèmes qui permettent de stocker cette énergie lors de leur charge, puis de la restituer lors de leur décharge.

On charge un accumulateur NiMH (Nickel Metal Hydride) pendant une durée  $\Delta t = 6,0$  h. La tension entre ses bornes est  $U = 1,40$  V et l'intensité du courant qui la traverse est  $I = 110$  mA

I.1. Calculer la puissance électrique  $P_e$  et l'énergie électrique  $W_e$  reçue par cet accumulateur.

Une fois chargé, cet accumulateur peut servir de générateur.

À l'aide du montage schématisé ci contre, on mesure la tension  $U$  aux bornes de l'accumulateur en fonction de l'intensité  $I$  qui le traverse.



I.2. Recopier le schéma sur la copie en indiquant la tension  $U_{PN}$ , le sens du courant  $I$ , ainsi que les appareils nécessaires à ces mesures. Les résultats des mesures sont consignés dans le tableau suivant.

$U_{PN}$ (V)	1,10	1,06	1,03	0,99	0,95	0,91	0,88	0,84
$I$ (mA)	100	125	150	175	200	225	250	275

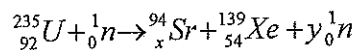
I.3. Tracer l'évolution de la tension  $U_{PN}$  en fonction de l'intensité  $I$  pour cet accumulateur utilisé en générateur sur la feuille de papier millimétré **fournie au dos de l'annexe et à rendre avec la copie**. On prendra pour échelle 1 cm pour 0,1 V et 1 cm pour 20 mA.

I.4. En déduire la force électromotrice  $E$  et la résistance interne  $r$  de cet accumulateur utilisé en générateur.

I.5. Pour  $U_{PN} = 1,00$  V, calculer la puissance dissipée par effet Joule  $P_J$ .

## Exercice II : Réacteur nucléaire

Dans une centrale nucléaire à uranium enrichi à 3,7 %, la réaction de fission s'écrit :



II.1. Déterminer les valeurs de  $x$  et  $y$  en justifiant brièvement.

II.2. Calculer en MeV l'énergie libérée  $E_{lib}$  par la fission d'un noyau d'uranium.

II.3. Estimer l'énergie libérée  $E$  par la fission d'une masse  $m = 1,0$  g d'uranium enrichi en supposant que toutes les réactions de fission libèrent l'énergie calculée à la question 2.

II.4. L'eau du circuit secondaire sort à l'état de vapeur au contact de la source chaude à  $T_C = 563$  K, entraîne des turbines produisant de l'énergie électrique, se refroidit puis se condense au contact de la source froide à  $T_F = 308$  K.

**II.4.a.** Enoncer le premier principe de la thermodynamique. En déduire une relation entre  $Q_C$  transfert thermique échangé par l'eau avec la source chaude,  $Q_F$  transfert thermique échangé par l'eau avec la source froide et  $W$  le travail échangé au cours du cycle.

**II.4.b.** Enoncer le second principe de la thermodynamique. En déduire une relation entre  $Q_C$ ,  $Q_F$ ,  $T_C$  et  $T_F$ .

**II.4.c.** Définir puis calculer le rendement maximal  $\eta$  du réacteur.

Données :

Noyau	${}^{235}_{92}\text{U}$	${}^{139}_{54}\text{Xe}$	${}^{94}_{38}\text{Sr}$
Masse (u)	234,99345	138,88917	93,89451

Masse d'un neutron : 1,00866 u

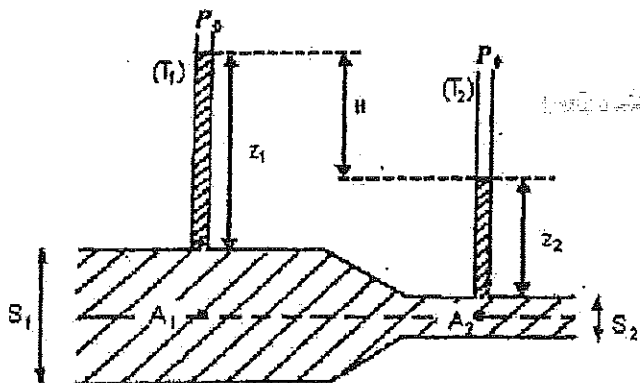
Unité de masse atomique  $u = 1,66054 \cdot 10^{-27}$  kg

Célérité de la lumière dans le vide  $c = 3,00 \cdot 10^8$  m.s<sup>-1</sup>

1 eV =  $1,6 \cdot 10^{-19}$  J

### Exercice III : Mesure d'un débit

Pour mesurer le débit  $Q_v$ , on insère dans la conduite un tube de Venturi (il s'agit d'un tube composé de deux parties cylindrique de section  $S_1$  et  $S_2$  réunies entre elles par un manchon conique) avec des prises de pressions en  $(T_1)$  et  $(T_2)$  tubes manométriques permettant de réaliser un manomètre différentiel.



Le tube de Venturi est disposé horizontalement, le fluide est supposé parfait (de viscosité négligeable) et incompressible et l'écoulement permanent (homogène et unidimensionnel). Les pertes de charges ne sont pas prises en compte.

$(S_1)$  et  $(S_2)$  sont les sections droites de la conduite (diamètres  $D_1$  et  $D_2$ ) à l'endroit des prises de pressions ; on suppose que  $A_1$  et  $A_2$  sont sur une même ligne de courant. On suppose ensuite qu'en chaque point des sections droites  $S_1$  (passant par  $A_1$ ) et  $S_2$  (passant par  $A_2$ ) la vitesse du fluide et la pression du fluide sont constantes [ $v_1$ ,  $P_1$  et  $v_2$ ,  $P_2$ ]. Le rapport des diamètres  $D_2/D_1$  est appelé  $\beta$ , rapport de contraction.

#### III.1.

**III.1.a.** Donner la définition du débit volumique  $Q_v$ . Montrer qu'il s'écrit  $Q_v = S \cdot v$

**III.1.b.** Ecrire la conservation du débit volumique entre les sections droites d'aires  $S_1$  et  $S_2$ .

**III.2.** Les points  $A_1$  et  $A_2$  ayant même altitude, le théorème de Bernoulli s'écrit :

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

Comparer, en justifiant,  $v_1$  et  $v_2$ . Comparer  $P_1$  et  $P_2$  sans effectuer de calcul, mais en justifiant la réponse.

**III.3.** Exprimer la vitesse  $v_2$  du fluide au niveau du rétrécissement en fonction de  $\Delta P = P_1 - P_2$ , de la masse volumique  $\rho$  et de  $\beta$ .

**III.4.** Montrer que le tube de Venturi crée une dépression  $\Delta P$  proportionnelle au carré de  $Q_v$ . Exprimer le coefficient de proportionnalité  $k$  en fonction de  $\rho$ , de  $\beta$  et de  $S_2$ .

### **Exercice IV : Préparation industrielle de la chaux**

La chaux  $\text{CaO}_{(s)}$  est le constituant essentiel du ciment. On porte à très haute température une masse  $m_1 = 800 \text{ kg}$  de calcaire  $\text{CaCO}_{3(s)}$  qui se décompose en donnant de la chaux  $\text{CaO}_{(s)}$  et du dioxyde de carbone  $\text{CO}_{2(g)}$ .

#### **IV.1.**

**IV.1.a.** Donner la configuration électronique des atomes de carbone, d'oxygène et de calcium.

**IV.1.b.** Représenter la structure de Lewis de la molécule de dioxyde de carbone.

**IV.1.c.** Indiquer la géométrie de la molécule de dioxyde de carbone.

**IV.1.d.** Le carbonate de calcium est formé d'ions calcium et d'ions carbonate. Donner la formule de l'ion calcium puis celle de l'ion carbonate. Justifier brièvement.

#### **IV.2.**

**IV.2.a.** Ecrire l'équation de la réaction de décomposition du calcaire.

**IV.2.b.** Déterminer la quantité de matière initiale  $n_1$  en  $\text{CaCO}_{3(s)}$ .

**IV.2.c.** Déterminer la masse  $m_2$  de chaux préparée et le volume  $V$  de dioxyde de carbone produit par cette réaction.

On donne les masses molaires en  $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$  :  $M(\text{Ca})=40,1$  ;  $M(\text{C})=12,0$  ;  $M(\text{O})=16,0$

Volume molaire  $V_m=24,0 \text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}$ . Numéros atomiques :  $Z(\text{O})=8$  ;  $Z(\text{C})=6$  ;  $Z(\text{Ca})=20$

### **Exercice V : Analyse d'un pesticide**

L'analyse d'un pesticide révèle qu'il contient de l'arsenic sous la forme  $\text{As}_4\text{O}_6(s)$ . On prélève un échantillon de masse  $m = 10,52 \text{ g}$  de ce pesticide, auquel on fait subir un traitement chimique permettant de transformer la totalité de  $\text{As}_4\text{O}_6(s)$  en ions arséniate  $\text{AsO}_4^{3-}(aq)$ . On ajoute alors à la solution obtenue une solution de nitrate d'argent de concentration molaire en soluté apporté  $c = 0,456 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ . Il se forme un précipité d'arséniate d'argent. Un volume minimal  $V = 38,6 \text{ mL}$  de solution de nitrate d'argent est nécessaire pour faire réagir la totalité des ions arséniate contenus dans la solution testée.

**V.1.** Ecrire l'équation chimique relative à la réaction entre les ions arséniate et les ions argent.

**V.2.** On suit le titrage par conductimétrie. Annoter le schéma du dispositif utilisé pour le titrage **en annexe à rendre avec la copie**  
Comment repère-t-on l'équivalence ?

**V.3.** Calculer la quantité de matière minimale  $n$  d'ions argent nécessaire pour faire réagir la totalité des ions arséniate. En déduire la quantité de matière  $n'$  d'ions arséniate dans la solution testée.

**V.4.** En déduire le pourcentage massique de  $\text{As}_4\text{O}_6(s)$  contenu dans le pesticide

On donne les masses molaires en  $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$  :  $M(\text{As})=74,9$  ;  $M(\text{O})=16,0$

## Exercice VI : Electrolyse du cadmium

Le cadmium est produit par électrolyse d'une solution de sulfate de cadmium II :  $\text{Cd}^{2+}_{(\text{aq})} + \text{SO}_4^{2-}_{(\text{aq})}$  et d'acide sulfurique. La tension aux bornes de l'électrolyseur est  $U = 3,1 \text{ V}$  et l'intensité du courant électrique  $I = 2,5 \cdot 10^4 \text{ A}$ .

Les ions sulfates ne participent pas aux transformations chimiques.

On donne :

Potentiels standards :  $E^0_{\text{Cd}^{2+}/\text{Cd}} = -0,40 \text{ V}$  ;  $E^0_{\text{H}^+/\text{H}_2} = 0,00 \text{ V}$  ;  $E^0_{\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}} = 1,23 \text{ V}$

Masse molaire du cadmium :  $M = 112,4 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

Charge d'une mole d'électron : 1 faraday =  $9,65 \cdot 10^4 \text{ C}$

### VI.1.

VI.1.a. Ecrire l'équation de la réduction des ions cadmium.

VI.1.b. Sur quelle électrode se produit-elle ?

VI.1.c. Un dégagement gazeux se produit sur l'autre électrode. Quelle est sa nature ? Justifier brièvement.

VI.1.d. Ecrire l'équation de la réaction globale de l'électrolyse.

VI.2. Schématiser l'électrolyseur. Indiquer le sens de déplacement des porteurs de charge.

### VI.3.

VI.3.a. Déterminer la quantité d'électricité  $Q$  ayant circulé dans l'électrolyseur pendant  $\Delta t = 24 \text{ h}$ .

VI.3.b. En déduire la quantité de matière  $n$  puis la masse  $m$  de cadmium obtenue.

VI.3.c. On obtient, en réalité 1,0 tonne de cadmium. Déterminer le rendement de l'électrolyseur.



Cadre réservé  
à l'administration

Nom et prénom du candidat

ANNEXE A RENDRE AVEC LA COPIE

