Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV©

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour en savoir plus sur nos formations disponibles, veuillez visiter :
www.formav.co/explorer

BTS MÉTIERS DE L'EAU

SCIENCES PHYSIQUES – U. 32

SESSION 2015

_____

Durée : 2 heures
Coefficient : 2,5

_____

Base Nationale des Sujets d'Examen de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

Matériel autorisé :
- Toutes les calculatrices de poche y compris les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique sous réserve que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimante (circulaire n°99-186, 16/11/1999).

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Le sujet comporte 8 pages, numérotées de 1/8 à 8/8.

Première partie – Toxicité du mercure dans l'eau (15,5 points)

1- Généralités

Document 1 : le mercure est un élément chimique connu depuis l'Antiquité. Son symbole est Hg et son numéro atomique Z est égal à 80. C'est un métal argenté brillant très volatil, dont les principales caractéristiques physicochimiques sont les suivantes :

- masse molaire atomique : 200,6 $g.mol^{-1}$;
- structure électronique : $[Xe]\ (4f)^{14}(5d)^{10}(6s)^2$;
- température de fusion : – 38,8 °C, à la pression atmosphérique ;
- température d'ébullition : 356,6 °C, à la pression atmosphérique ;
- le mercure forme facilement des alliages avec de nombreux métaux. Ces alliages sont communément appelés amalgames. Cette propriété du mercure avait de nombreux usages, comme la fabrication des amalgames dentaires, couramment appelés plombages (bien que ne contenant pas de plomb), des thermomètres ou encore des baromètres à tube de mercure. Il est également utilisé par les orpailleurs pour l'extraction l'or ;
- le mercure existe à divers degrés d'oxydation : 0 pour le mercure métallique ; + I pour l'ion mercureux Hg_2^{2+} présent notamment dans le sulfate mercureux Hg_2SO_4 et dans le chlorure mercureux Hg_2Cl_2 appelé calomel ; + II pour l'ion mercurique Hg^{2+} présent dans l'oxyde de mercure HgO ou dans les ions complexes HgI^+, HgI_2, HgI_3^-, HgI_4^{2-} ;
- risques : le mercure est toxique et écotoxique. Son utilisation est pour cette raison réglementée et, pour nombre de ses anciens usages, interdite. La toxicité du mercure dépend notamment de son degré d'oxydation : au degré 0, il est toxique sous forme de vapeur ; les ions de mercure (II) sont bien plus toxiques que les ions de mercure (I) ;

  pictogrammes de sécurité :



- du mercure est naturellement présent dans l'environnement, mais essentiellement dans les roches du sous-sol (origine volcanique). Le rejet industriel est cause de pollution car le mercure se concentre dans la chaîne alimentaire. Au total, chaque année, 4 500 tonnes de mercure sont relâchées dans l'environnement par l'homme du fait de ses activités industrielle et agricole. Ainsi, le mercure peut être transformé par les bactéries en cation organomercuriel, le méthylmercure de formule $H_3C\text{-}Hg^+$ encore plus toxique !

Quelques utilisations du mercure sont étudiées dans cette première partie.

Base nationale des Sujets d'Examen de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

À l'aide du document 1 (page 2/8) :

1.1- **Préciser** l'état physique du mercure dans les conditions normales de température et de pression.

1.2- **Citer** une utilisation possible, aujourd'hui limitée, du mercure métallique dans des appareils de mesure de grandeurs physiques.

1.3- **Écrire** la structure électronique de l'ion Hg^{2+}.

1.4- **Indiquer** les consignes de sécurité à suivre en cas d'utilisation de mercure au laboratoire.

1.5- Sachant que la température d'ébullition de l'or est de 2856 °C, **expliquer** succinctement comment les orpailleurs peuvent simplement séparer l'or et le mercure après les avoir amalgamés.

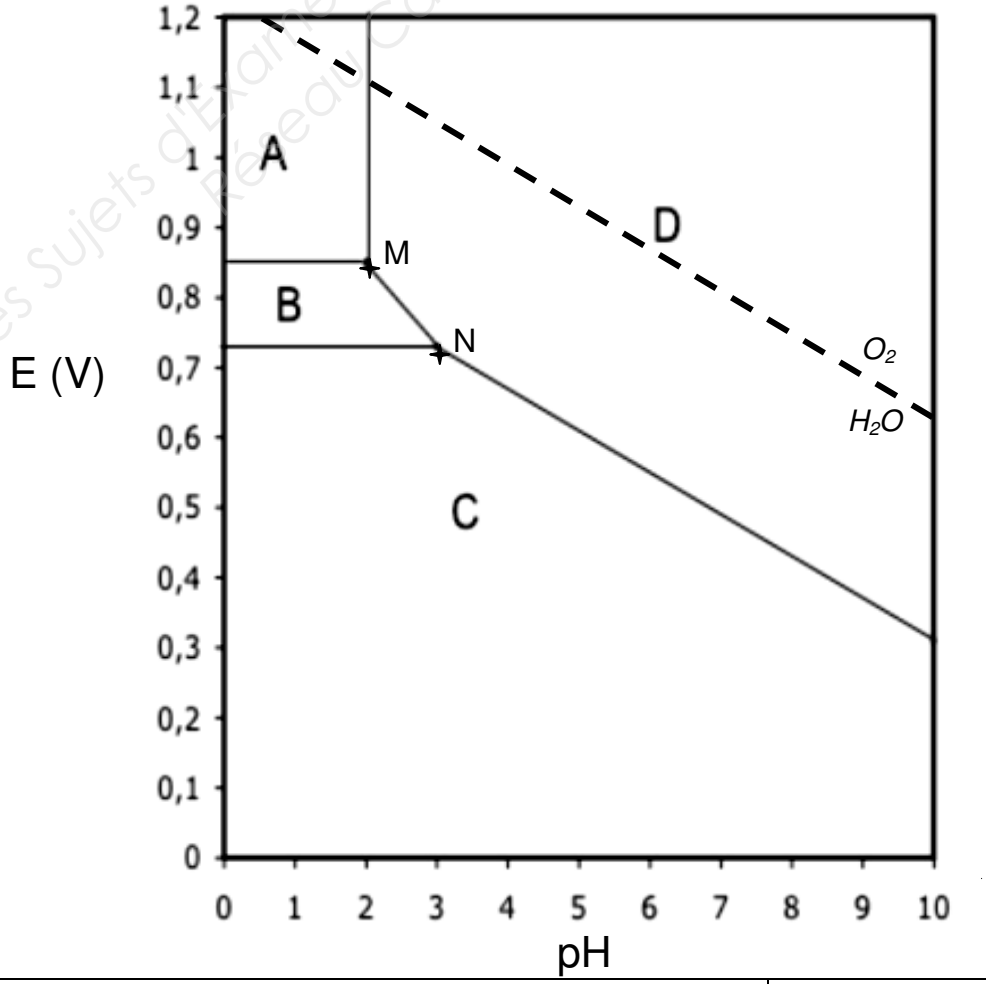
1.6- **Préciser** alors le risque encouru par les orpailleurs.

2- Diagramme potentiel-pH de l'élément mercure

L'étude est conduite à 25 °C.

Document 2 :

- le diagramme potentiel pH du mercure est représenté à 25 °C, pour une concentration totale en mercure en solution $\mathbf{C_0}$ égale à $\mathbf{0{,}01\ mol.L^{-1}}$. En pointillés est représentée la droite frontière entre O_2 et H_2O ;



Base Nationale des Sujets d'Examen de l'enseignement professionnel Réseau Canopé

- les espèces considérées sont $Hg_{(l)}$, $HgO_{(s)}$, $Hg^{2+}_{(aq)}$ et $Hg_2^{2+}{}_{(aq)}$;
- pH de précipitation de $HgO_{(s)}$ = 2 à la concentration C_0 ;
- produit de solubilité de $HgO_{(s)}$: K_s ($HgO_{(s)}$) avec $pK_s(H_gO_{(s)}$ = 26 à 25 °C ;
- produit ionique de l'eau : K_e avec pK_e = 14 à 25 °C ;
- on rappelle $Hg^{2+}_{(aq)} + 2\ HO^-_{(aq)} \rightleftharpoons HgO_{(s)} + H_2O_{(l)}$;
- les coordonnés (pH ; E) du point M sont (2,0 ; 0,85) et celles du point N (3,0 ; 0,73) ;
- potentiel standard du couple $HgO_{(s)}$ ($HgO_{(s)}/Hg_{(l)}$) ; $E°(HgO_{(s)}/Hg_{(l)})$ = 0,91 V à 25 °C ;
- potentiels standards des couples relatifs à l'eau 25 °C :
  $E°(H^+_{(aq)} / H_{2(g)})$ = 0,00 V et $E°(O_{2(g)} / H_2O_{(l)})$ = 1,23 V.

<u>À l'aide du document 2 (pages 3 à 4/8)</u> :

2.1- **Indiquer** à quelle espèce chimique correspond chacun des domaines A, B, C et D.
*(On pourra éventuellement s'aider du **document 1**).*

2.2- **Retrouver par le calcul** le pH de précipitation de l'espèce $HgO_{(s)}$ pour une concentration de l'élément mercure en solution C_o égale à 0,01 $mol.L^{-1}$.

2.3- **Écrire** la demi-équation électronique relative au couple $Hg_2^{2+}{}_{(aq)}$ / $Hg_{(l)}$, puis **exprimer** le potentiel E en fonction de E°, potentiel standard de ce couple, et de la concentration molaire C_0 des ions Hg_2^{2+}.
On rappelle que RT/F Ln(x) = 0,06Log(x)

2.4- À l'aide des données du **document 2** et de la réponse à la **question 2.3.**, **calculer** la valeur de E°.

2.5- **Prévoir** si le mercure métallique est attaqué en milieu acide fort désaéré. **Justifier** la réponse.

2.6- Le mercure métallique subit une corrosion en milieu humide aéré à pH égal à 7.
Il se transforme en oxyde mercurique $HgO_{(s)}$.
Justifier cette proposition et **écrire** l'équation de la réaction de corrosion du mercure.
On écrira les demi-équations électroniques des couples impliqués dans cette réaction**.**

2.7- **Exprimer** la constante d'équilibre **K** de cette réaction, puis la **calculer** à l'aide des valeurs des potentiels standards des couples mis en jeu. **Proposer** une conclusion.

Base Nationale des Sujets d'Examen de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

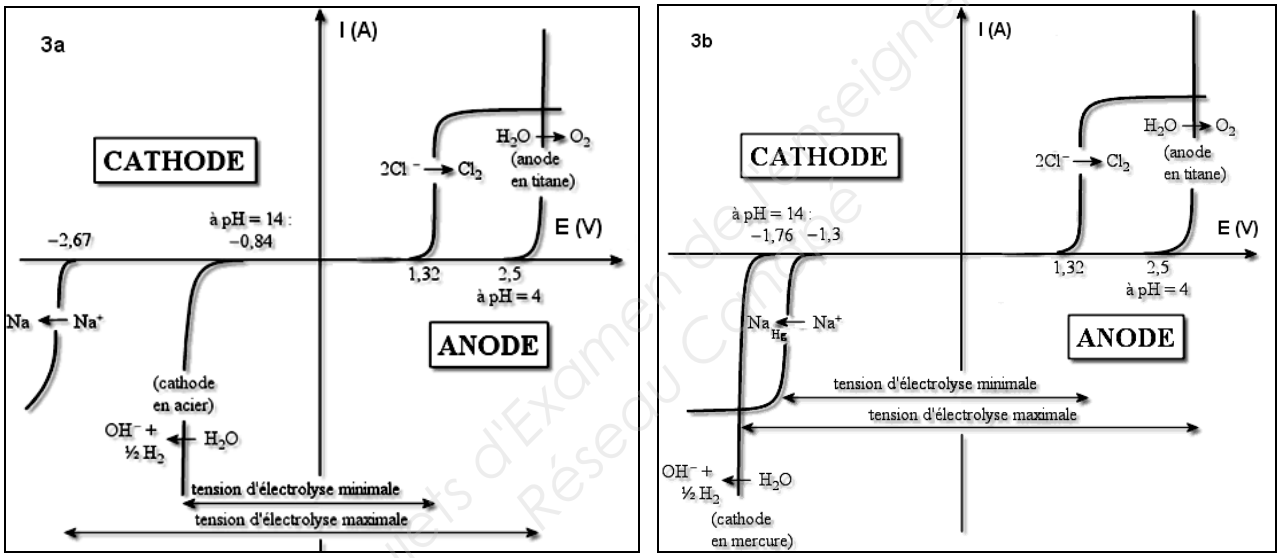
3- Courbes intensité-potentiel

L'étude est conduite à 25 °C.

On considère l'électrolyse d'une saumure, solution aqueuse concentrée de chlorure de sodium ($Na^+_{(aq)}$ + $Cl^-_{(aq)}$). Le **document 3 (page 5/8)** donne les potentiels standards des différents couples redox susceptibles d'être mis en jeu dans le système étudié, ainsi que les courbes intensité-potentiel pour deux cathodes de natures différentes : une cathode en acier d'une part (courbes 3a) et une cathode en mercure d'autre part (courbes 3b), l'anode étant en titane dans les deux cas.

Document 3 : potentiels standards, à 25 °C :

- $E°(H^+(aq)/H_{2(g)}) = 0,00$ V ; $E°(O_{2(g)}/H_2O_{(l)}) = 1,23$ V ;
- $E°(Cl_{2(g)}/Cl^-_{(aq)}) = 1,36$ V ; $E°(Na^+_{(aq)}/Na_{(s)}) = -2,71$ V.



À l'aide du document 3 ci-dessus :

3.1- **Effectuer** le bilan de toutes les espèces chimiques présentes dans la solution.

3.2- **Indiquer** parmi ces espèces celles qui sont susceptibles d'être oxydées et celles qui sont susceptibles d'être réduites.

3.3- D'après les valeurs des potentiels standards, **écrire** la demi-équation électronique de la réaction que l'on devrait observer d'un point de vue thermodynamique à l'anode d'une part et à la cathode d'autre part, quelle que soit la nature de ces électrodes.
.

3.4- En analysant les courbes intensité-potentiel du **document 3a**, **préciser** l'espèce réellement formée à la cathode en acier et l'espèce réellement formée à l'anode. **Justifier** la réponse**.**

3.5- En analysant les courbes intensité-potentiel du **document 3b**, **préciser** l'espèce réellement formée à la cathode de mercure. **Justifier** la réponse**.**

Base Nationale des Sujets d'Examen de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

3.6- **Indiquer** quel type d'électrode on doit **choisir** pour produire du sodium, utilisé en industrie nucléaire ou en synthèse organique.

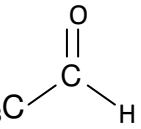
4- Chimie organique

Document 4 :

On appelle hydrargyrisme toutes les formes d'intoxication par le mercure. En référence à une maladie qui a touché durant des décennies des milliers d'habitants des pourtours de la baie de Minamata (Japon), on parle de *maladie de Minamata* pour désigner ces symptômes. Il s'agit en particulier de symptômes physiques et neurologiques graves et permanents induits par l'intoxication au mercure. Cela peut également entraîner des malformations congénitales chez les enfants.

Cette maladie est apparue suite aux rejets des dérivés de mercure par une usine qui utilisait de l'oxyde mercurique (HgO) comme catalyseur pour la synthèse de l'acétaldéhyde à partir de l'éthène gazeux.

On rappelle les formules semi-développées :

- acétaldéhyde : 

- éthène : $H_2C = CH_2$

À l'aide du document 4 ci-dessus :

4.1- **Citer** le nom général donné aux maladies engendrées par une intoxication au mercure.

4.2- On s'intéresse à la synthèse de l'acétaldéhyde.

4.2.1- Dans la nomenclature officielle, **donner** le nom de l'acétaldéhyde.

4.2.2- **Préciser** à quelle famille de composés organiques il appartient.

4.2.3- **Indiquer** comment est mise en évidence la présence d'acétaldéhyde dans un milieu réactionnel.

4.2.4- **Écrire** l'équation de la réaction de synthèse de l'acétaldéhyde à partir de l'éthène et de dioxygène.

4.2.5- **Rappeler** le rôle du catalyseur.
Préciser s'il s'agit d'une catalyse homogène ou hétérogène. **Justifier** la réponse**.**

4.2.6- On peut synthétiser l'acétaldéhyde par oxydation de l'éthanol, ce dernier pouvant être obtenu par addition d'eau sur l'éthène.
Écrire l'équation de la synthèse de l'éthanol à partir de l'éthène en milieu acide.

Base Nationale des Sujets d'Examen de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

4.3- On s'intéresse à la synthèse d'alcools à partir du but-1-ène.

4.3.1- Écrire la formule semi-développée du but-1-ène.

4.3.2- On réalise l'addition d'eau sur le but-1-ène.
Écrire la formule semi-développée du produit qui se forme majoritairement et le **nommer**.

4.3.3- **Écrire** la formule semi-développée du produit minoritaire et le **nommer**.

Deuxième partie – Physique (4,5 points)

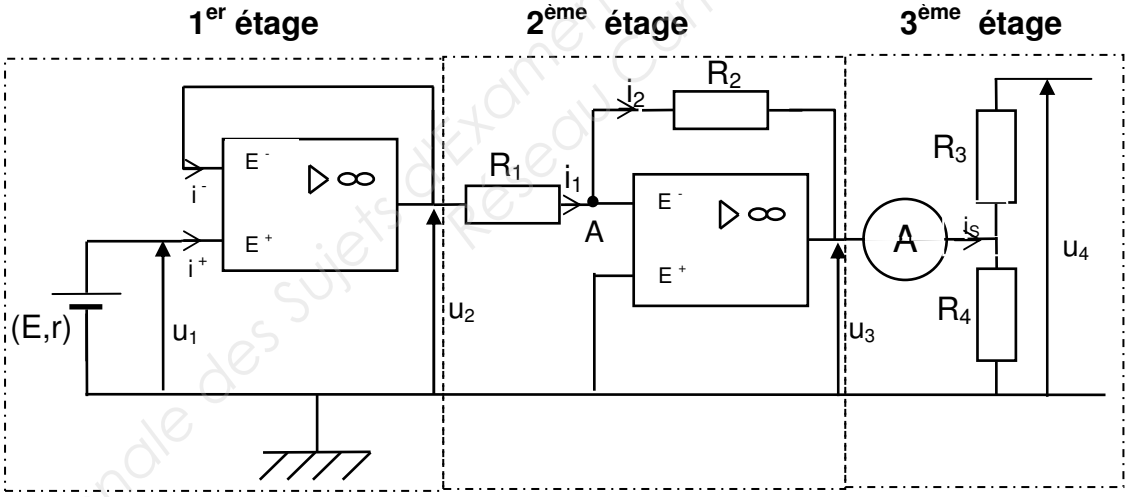
Principe de fonctionnement du pHmètre

Pour effectuer une mesure de pH, on plonge une électrode de verre ainsi qu'une électrode de référence dans la solution à analyser.

L'ensemble constitue une pile dont on mesure la force électromotrice (f.é.m) E qui dépend de la concentration des ions oxonium H_3O^+ dans la solution.

Cette mesure de la f.é.m. s'effectue à l'aide d'un voltmètre numérique de grande impédance d'entrée qui donne par lecture directe la valeur du pH.

Le schéma simplifié du pHmètre est le suivant :



On suppose que tous les AOP du montage sont idéaux et fonctionnent en régime linéaire.

1- Étude du 1er étage – Le capteur de pH

1.1- Pour un AOP idéal, **rappeler** les propriétés relatives :

1.1.1- aux courants d'entrée i^- et i^+ **;**

1.1.2- à la tension différentielle d'entrée notée ε avec $\varepsilon = U_{E+E-}$.

1.2- À l'aide de la loi des mailles, **montrer** que : $u_2 = u_1$.

Base Nationale des Sujets d'Examen de l'enseignement professionnel Réseau Canopé

1.3- **Préciser** alors le nom donné à ce montage.

2- Étude du 2ème étage – Montage amplificateur inverseur

2.1- **Écrire** la loi des nœuds au point A.

2.2- En **déduire** la relation liant les courants i_1 et i_2.

2.3- En utilisant la loi des mailles, **déterminer** la relation liant u_3 à u_2, R_1 et R_2.

2.4- **Justifier** alors le nom donné à ce 2ème étage.

3- Étude du 3ème étage

Écrire la relation liant u_4 à u_3, R_3 et R_4. On suppose que l'intensité de sortie i_S est nulle.

4- Échelle de pH – Échelle de tension

4.1- **Établir** la relation entre u_4 et E.

4.2- L'étalonnage donné par le constructeur est : $E = 0{,}406 - 0{,}058 \times pH$.

Donner les limites de l'échelle de tension correspondant aux limites de l'échelle de pH à 25°C en solution aqueuse.

Base Nationale des Sujets d'Examen de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

Ce document a été élaboré par FormaV© avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV©, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV© se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

Ce document a été élaboré par FormaV© avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV©, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV© se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.