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 2014

_____

Durée : 2 heures
Coefficient : 2,5

_____

Matériel autorisé :

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

Tout autre matériel est interdit.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau CANOPE

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Le sujet comporte 10 pages, numérotées de 1/10 à 10/10.

PARTIE 1 : ORIGINES DU PLOMB DANS LES EAUX (12,5 points)

Les trois exercices sont indépendants.

EXERCICE 1 : sulfure de plomb et carbonate de plomb dans l'eau potable.

Document 1 : texte du Sénat (http://www.senat.fr/rap/102-215-2/102-215-263.html).

« Annexe 72 – les normes de plomb dans l'eau.
La teneur limite autorisée du plomb dans l'eau destinée à la consommation humaine a été fixée par la directive du 3 novembre 1998 reprise en droit français par le décret n°2001-1220 du 20 décembre 2001.
La teneur autorisée en 2003 est de 50 microgrammes par litre (µg/l). Elle est abaissée en deux temps : une valeur transitoire de 25 µg/l à respecter à partir du 24 décembre 2003 et une valeur limite de 10 µg/l devant être atteinte d'ici le 24 décembre 2013.
Ce seuil reprend une valeur guide recommandée par l'Organisation Mondiale de la Santé en 1993 puis la directive européenne. En droit français, cette valeur devient la « teneur limite » ou « concentration maximale admissible ».

1 – Sulfure de plomb

1 - 1 – Donner la configuration électronique du soufre S à l'état fondamental.

1 - 2 – Donner la configuration électronique de l'ion sulfure S^{2-}. Expliciter la démarche.

1 - 3 – Écrire la réaction de dissolution du sulfure de plomb dans l'eau et exprimer le produit de solubilité associé Ks.

1 - 4 – On néglige le caractère basique de l'ion sulfure.

Exprimer, puis évaluer la solubilité du sulfure de plomb PbS dans l'eau pure en $mol.L^{-1}$, ainsi que la teneur t_{Pb} en plomb en $\mu g.L^{-1}$.

1 - 5 – Comparer cette teneur en plomb, à la teneur limite (NF) concernant le plomb dissous, qui devra être appliquée à partir de décembre 2013.

Données à 25 °C :
- **numéro atomique de l'élément soufre : Z(S) = 16 ;**
- **produit de solubilité du sulfure de plomb : pKs(PbS) = 26,6 ;**
- **masse molaire du plomb : M_{Pb} = 207,2 $g.mol^{-1}$.**

2 – Carbonate de plomb

Les ions $Pb^{2+}_{(aq)}$, issus de la corrosion d'une paroi en plomb, peuvent réagir avec les anions CO_3^{2-} et HO^-, contenus en concentrations importantes dans la couche limite en contact avec la paroi. La solubilité du carbonate de plomb $PbCO_3$ formé dépend du pH de l'eau qui circule dans la canalisation.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau CANOPE

2 - 1 – À l'aide d'un diagramme de prédominance des espèces carbonatées en fonction du pH, préciser l'espèce qui prédomine à pH = 11,5 puis celle qui prédomine à pH = 7,5.

2 - 2 – Écrire la réaction de dissolution du carbonate de plomb $PbCO_{3(s)}$ dans une eau de pH = 11,5.

2 - 3 – Écrire la réaction de dissolution du carbonate de plomb $PbCO_{3(s)}$ dans une eau de pH = 7,5.

<u>Données à 25 °C</u> :

pKa de couples acidobasiques :

- **pKa(H_2O / HO^-) = 14 ;**
- **pKa(H_3O^+ / H_2O) = 0 ;**
- **pKa(CO_2 , H_2O / HCO_3^-) = 6,3 ;**
- **pKa(HCO_3^- / CO_3^{2-}) = 10,3.**

<u>EXERCICE 2</u> : oxydation des canalisations en plomb – exploitation du diagramme potentiel-pH du plomb.

Document 2

« Les usines de production d'eau potable ont des traitements efficaces pour retenir les traces métalliques présentes dans les eaux superficielles. En outre, la contamination des nappes souterraines demeure en France exceptionnelle.
Aussi, en règle générale, l'eau introduite dans les réseaux de distribution publique a une teneur en plomb inférieure à 10 microgramme/l et même souvent inférieure à 1 microgramme/l. Néanmoins, l'eau se charge en plomb au cours du transport vers le robinet de l'utilisateur.
En France (avant 1984), les canalisations en plomb ont longtemps été utilisées car elles sont étanches et suffisamment souples. Mais elles ont été progressivement remplacées et le plomb ne subsiste plus que dans les trois catégories de conduites que sont les branchements (raccordements entre la conduite et le compteur) d'une longueur comprise entre quatre et quinze mètres, les canalisations de liaison (reliant le compteur à l'habitation) et les tuyauteries des habitations. Ces trois éléments sont responsables de l'augmentation de la teneur en plomb dans l'eau (arrivant au robinet du consommateur). »
« Sous les conditions normales, le métal plomb ne réagit pas avec l'eau. Cependant, lorsque le plomb est en contact avec l'air humide, la réactivité avec l'eau augmente. Une fine couche d'oxyde de plomb (PbO) se forme à la surface du métal. Lorsque de l'eau et de l'oxygène sont tous les deux présents, le plomb métallique est oxydé ».

1 – Écrire la demi-équation redox pour le couple rédox $Pb^{2+}_{(aq)}$ / $Pb_{(s)}$.

2 – Écrire la relation de Nernst et calculer le potentiel du couple $Pb^{2+}_{(aq)}$ / $Pb_{(s)}$ pour une concentration C_1 en ions plomb $Pb^{2+}_{(aq)}$ de 10^{-4} mol.L^{-1}.

Base Nationale des sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau CANOPE

3 – Écrire l'équation de la réaction de précipitation de l'ion plomb $Pb^{2+}_{(aq)}$ en dihydroxyde de plomb $Pb(OH)_{2(s)}$.

4 – Donner l'expression puis la valeur de la constante d'équilibre associée à cette réaction.

5 – Calculer le pH de début de précipitation de $Pb(OH)_{2(s)}$ pour la concentration C_1 en ions $Pb^{2+}_{(aq)}$.

6 – À l'aide du diagramme en **<u>annexe 1</u> (page 9/10)**, donner la valeur lue du pH de début de précipitation et vérifier que cette valeur est conforme à la valeur calculée à la question **5**.

7 – À l'aide des données, calculer les valeurs des potentiels du couple $\mathbf{O_{2(g)}/H_2O_{(l)}}$ pour les pH de 0 et de 7.

8 – Calculer aussi les valeurs des potentiels du couple $\mathbf{H^+_{(aq)}/H_{2(g)}}$ pour les pH de 0 et de 7.

9 – D'après les résultats précédents, que peut-on dire de la stabilité du plomb $Pb_{(s)}$ dans l'eau à pH = 7 ? Justifier la réponse.
Cette analyse est-elle en accord avec les informations contenues dans l'**annexe 1** ?
On pourra éventuellement tracer les droites d'équation $\mathbf{E(H^+_{(aq)}/H_{2(g)}) = f(pH)}$ et $\mathbf{E(O_{2(g)}/H_2O_{(l)}) = f(pH)}$ sur le diagramme de **l'<u>annexe 1</u>** qui **ne sera pas rendue avec la copie**.

10 – Finalement, quelle espèce dissoute en faible quantité dans l'eau peut expliquer la corrosion des canalisations en plomb ? On pourra s'aider du **document 2**.

<u>Données à 25 °C</u> :

- **produit de solubilité $pKs(Pb(OH)_2) = 14,4$;**
- **produit ionique de l'eau : pKe = 14 ;**
- **potentiel en fonction du pH : $E(O_{2(g)}/H_2O_{(l)}) = 1,23 – 0,06\ pH$;**
- **$E(H^+_{(aq)}/H_{2(g)}) = – 0,06\ pH$;**
- **potentiel standard à pH = 0 : $E°(Pb^{2+}_{(aq)}/Pb_{(s)}) = – 0,13$ V ;**
- **$RT/F \ln(x) = 0,06 \log(x)$.**

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau CANOPE

EXERCICE 3 : le plomb chez les Romains.

Document 3

« Des canalisations d'eau en plomb étaient assez courantes dans les anciens jours et peuvent encore être présentes dans les vieux bâtiments. Le plomb des conduites peut partiellement se dissoudre dans l'eau circulante. Le plomb peut se lier au carbonate ; ainsi peu de plomb se dissout dans une eau dure. À l'intérieur des conduites, une couche de carbonate de plomb ($PbCO_3$) très peu soluble se forme. Cette couche fournit une couverture protectrice pour les sous-couches de plomb des conduites. Les Romains remplissaient souvent les conduites (en plomb) avec du vin lors des jours fériés, provoquant la dissolution de la couche de carbonate de plomb et la formation de sucre de plomb.
Malgré sa toxicité, l'acétate de plomb (II) fut utilisé longtemps au XIXe siècle comme édulcorant, pour adoucir le vin et d'autres boissons.
À Rome, le plomb était souvent rejeté en tant que produit intermédiaire de l'industrie minière de l'argent. La pollution de l'eau contenant des composés au plomb dérivés de minerai de plomb dans l'industrie minière fut tout d'abord mentionné par l'Architecte Vitruvius, en 20 A.C., lorsqu'il a signalé des effets sur la santé, connus aujourd'hui sous le nom de saturnisme. »

1 – Relever dans le **document 3 ci-dessus** les phrases évoquant uniquement un phénomène de passivation.

2 – L'acide acétique, appelé aussi acide éthanoïque, contenu dans le vin, provient de l'oxydation de l'éthanol au contact de l'air et en présence d'une bactérie acétique (acetobacter acéti Gram –).

2 - 1 – Écrire l'équation de la transformation de l'éthanol en acide éthanoïque CH_3COOH.

2 - 2 – Écrire la réaction équilibrée d'estérification de l'éthanol par l'acide éthanoïque.

2 - 3 – Nommer l'ester obtenu.

L'ester formé donne une odeur caractéristique de « piqué » pour des concentrations en ester de 120 à 150 mg/L. Par ailleurs, l'acide acétique et l'ester provoquent un « durcissement » du vin même à très faible dose. Le vin contient de l'éthanol et un peu d'acide éthanoïque. Cet acide réagit sur du carbonate de plomb en formant de l'acétate de plomb $Pb(CH_3COO)_2$ qui présente un goût sucré. Il se dégage par ailleurs du dioxyde de carbone.

3 – Écrire la réaction de l'acide éthanoïque sur le carbonate de plomb.

4 – Expliquer dans quel objectif « *les Romains remplissaient souvent les conduites (en plomb) avec du vin lors des jours fériés* ».

5 – Quel nom donne-t-on à la maladie liée à une intoxication au plomb ?

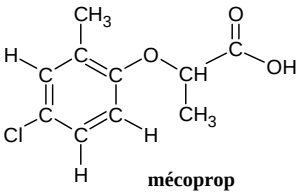
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau CANOPE

PARTIE 2 : UNE SUBSTANCE ORGANIQUE – LE MECOPROP (3,75 points)

L'hexachlorobenzène, le pentachlorobenzène, le mécoprop font partie des substances détectables par une station prototype installée à Ternay auprès du Rhône, en aval de l'agglomération lyonnaise et des installations pétrochimiques. Le mécoprop est un herbicide dont une étude a été menée par l'INERIS.

Dans le rapport sont notées les indications suivantes concernant le mecoprop :

- **formule brute $C_{10}H_{11}ClO_3$;**
- **masse molaire M = 214,6 g.mol^{-1} ;**
- **nom : acide 2-(4-chloro-2-methylphenoxy)-propanoïque ;**
- **solubilité dans l'eau : 6,60 g.L^{-1} à pH = 4 et 250 g.L^{-1} à pH = 7 ;**
- **pKa = 3,11 ;**
- **formule semi-développée :**



mécoprop

1 – Écrire la formule topologique ou semi-développée du pentachlorobenzène.

2 – Le mécoprop présente un caractère acide.

2 - 1 – Reproduire la molécule et entourer précisément la partie justifiant ce caractère acide.

2 - 2 – Nommer la fonction organique associée.

2 - 3 – En utilisant la formule brute, écrire l'équation d'équilibre acido-basique du mécoprop dans l'eau.

2 - 4 – On note le couple acide base associé au mécoprop sous la forme HA/A^-.
Exprimer alors la constante d'acidité du couple et donner sa valeur.

3 – Une des étapes de synthèse du mécoprop pourrait être la chloration du benzène.

3 - 1 – Proposer un catalyseur pour cette réaction.

3 - 2 – Écrire la réaction équilibrée de monochloration du benzène par le dichlore.

3 - 3 – Nommer les produits obtenus.

3 - 4 – Nommer ce type de réaction.

Base Nationale des sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau CANOPE

4 – Une autre étape en fin de synthèse pourrait consister en l'oxydation d'une fonction alcool primaire du réactif noté $R–CH_2–OH$, en fonction acide carboxylique du mécoprop, par une solution diluée d'ions permanganate en milieu acide.

4 - 1 – Écrire la demi-équation rédox associée à l'oxydation du réactif noté $R–CH_2–OH$.

4 - 2 – Écrire la demi-équation rédox associée au couple ion permanganate / ion manganèse $MnO_{4\,(aq)}^-/Mn^{2+}_{(aq)}$).

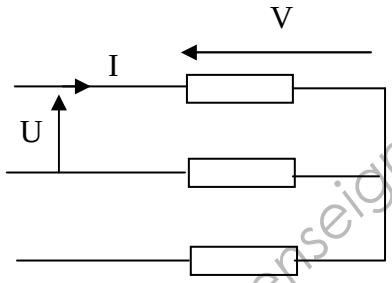
4 - 3 – Écrire la réaction d'oxydation du réactif $R–CH_2–OH$ par les ions permanganate en milieu acide.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau CANOPE

PARTIE 3 : ALIMENTATION ÉLECTRIQUE DE LA STATION DE TERNAY (3,75 points)

*La station de surveillance de Ternay utilise un ensemble de pompes pour prélever et analyser en continu l'eau du Rhône. La puissance active **P** consommée par le groupe de pompage est de 350 kW.*

*La station est alimentée par un réseau **triphasé** (230 / 400 / 50Hz). EDF assure la gratuité de la puissance réactive **Q** à concurrence de 0,4 **P**. Ceci correspond à : tan **φ** < 0,4 ; **φ** est le déphasage entre la tension **V(t)** et le courant **I(t)**. Le groupe de pompage est modélisé par le schéma **ci-dessous** :*



1 – L'**annexe 2 (page 10/10)** correspond à un enregistrement du courant en ligne **I(t)** et de la tension simple **V(t)** sur une des trois phases. Le même comportement est observé sur chacune des phases.

1 - 1 – Donner la période **T** du signal sinusoïdal.

1 - 2 – D'après l'**annexe 2 (qui ne doit pas être rendue)**, évaluer le déphasage temporel **Δt** entre la tension **V(t)** et le courant **I(t)**.

1 - 3 – Montrer que l'angle **φ** associé au déphasage est proche de 45°.

1 - 4 – Calculer le facteur de puissance **cosφ**.

2 – On compare les puissances active et réactive.

2 - 1 – À partir des valeurs précisées en **annexe 2**, calculer les valeurs efficaces de la tension composée **U** et du courant en ligne **I**.

2 - 2 – Retrouver la valeur de la puissance active consommée par le groupe de pompage.

2 - 3 – Évaluer la puissance réactive **Q**.

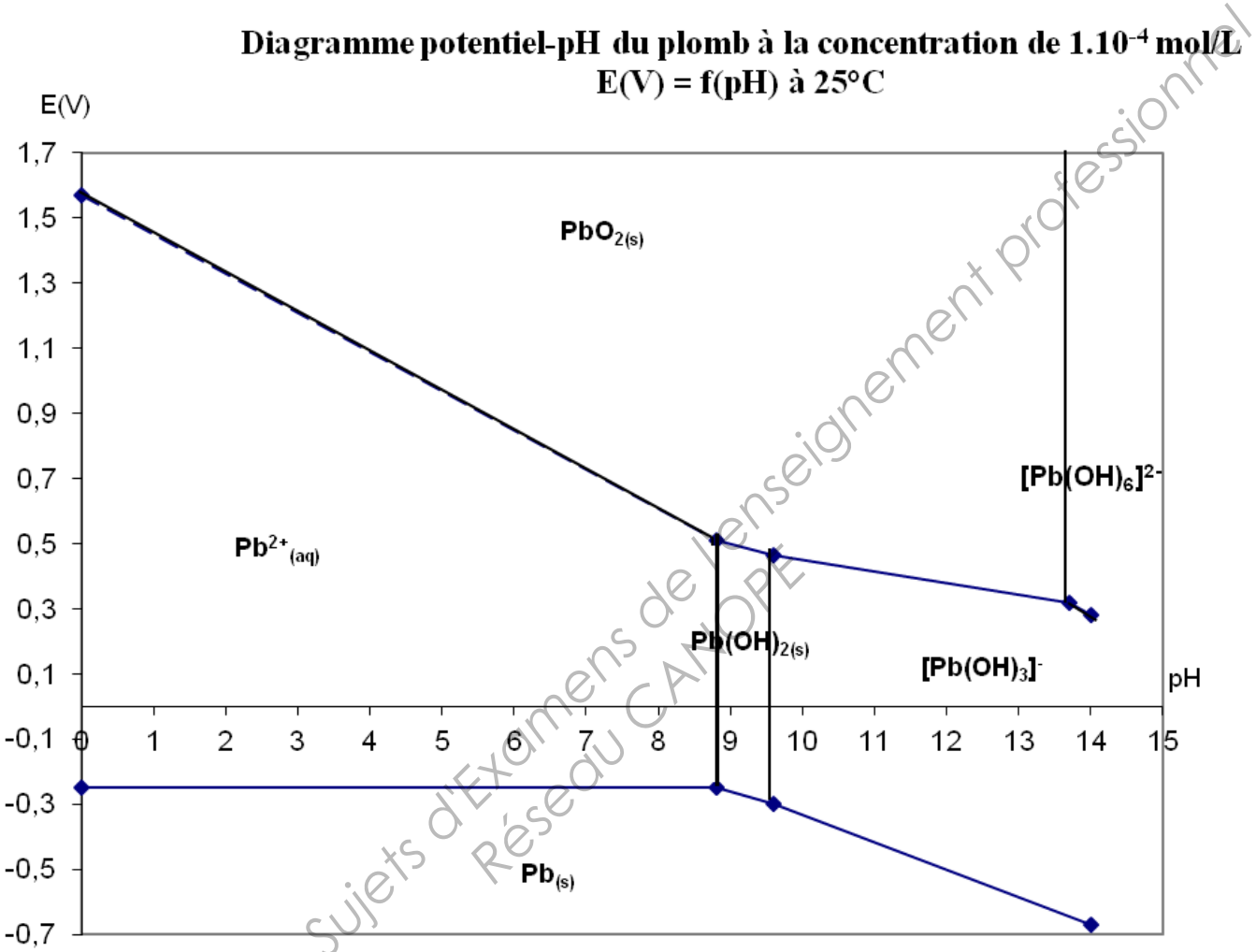
2 - 4 – Vérifier que tan **φ** = **P**/**Q**.

3 – Le groupe de pompage est-il économe ? Sinon quel type de composant permet d'abaisser la valeur de « tan **φ** » et de limiter ainsi le coût d'exploitation ?

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau CANOPE

Annexe 1

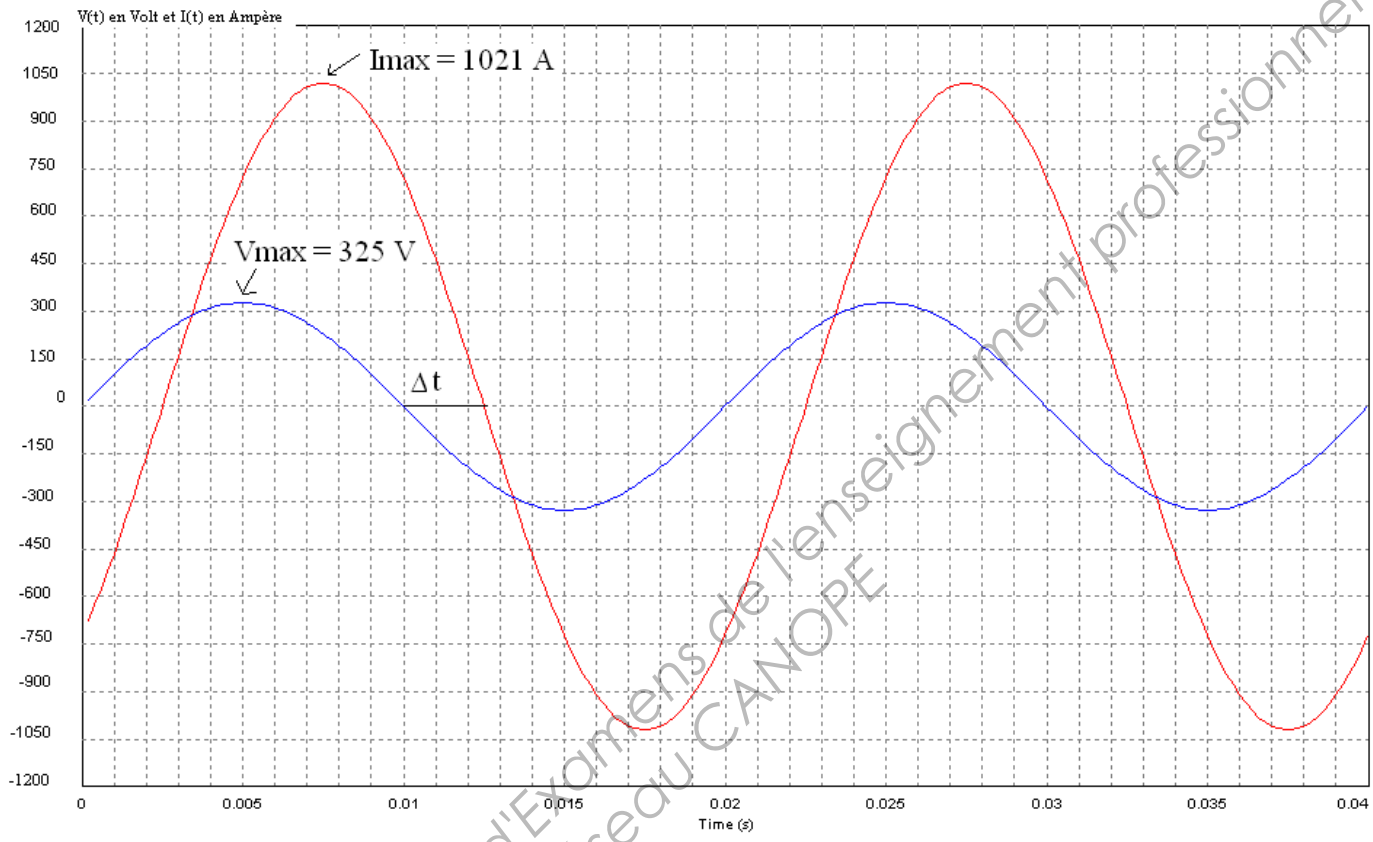
(Il n'est pas demandé de rendre ce document)



Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau CANOPE

Annexe 2

(Il n'est pas demandé de rendre ce document)



Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau CANOPE

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.