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 2019

_____

Durée : 2 heures

Coefficient : 2,5

_____

Matériel autorisé : l'usage de tout modèle de calculatrice, avec ou sans mode examen, est autorisé.

Document à rendre avec la copie :

document-réponse.....page 15/15.

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

Le sujet comporte 15 pages, numérotées de 1/15 à 15 /15.

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

INTÉRÊT DU TRAITEMENT DOMESTIQUE DES CONDENSATS D'UNE CHAUDIÈRE ET CONTRÔLE DE LA PRESSION DE L'EAU DANS LA CHAUDIÈRE

Dans ce sujet, nous aborderons les quatre aspects suivants :

- ➔ analyse des condensats ;
- ➔ corrosion d'une conduite en cuivre ;
- ➔ neutralisation acido-basique des condensats ;
- ➔ chélation par l'EDTA et sa synthèse.

PARTIE CHIMIE (15 points)

Document 1 : principe d'une chaudière à condensation.

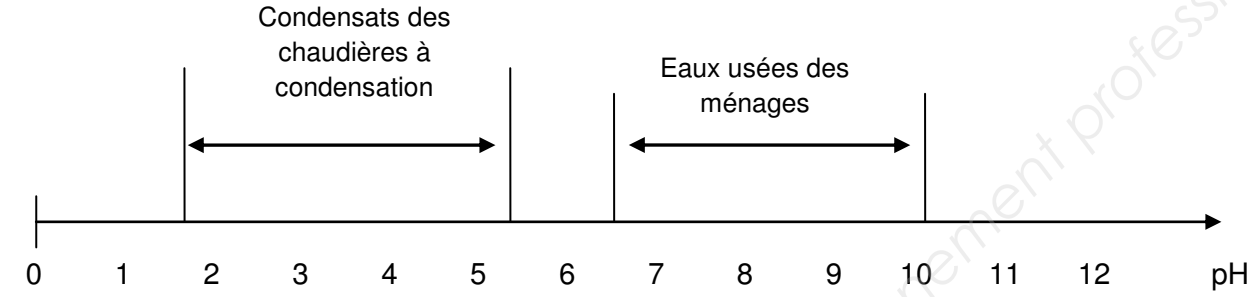
« Une chaudière produit de la chaleur en brûlant du gaz naturel ou du fioul domestique. Dans une chaudière standard ou basse température, les fumées et la vapeur d'eau, issues de la combustion du gaz naturel, sont rejetées dans l'atmosphère au lieu d'être totalement exploitées. Au lieu de les rejeter dans l'atmosphère, la chaudière à condensation récupère ces fumées, les refroidit pour créer de la vapeur d'eau, et condense cette vapeur pour tirer profit de l'énergie thermique. »

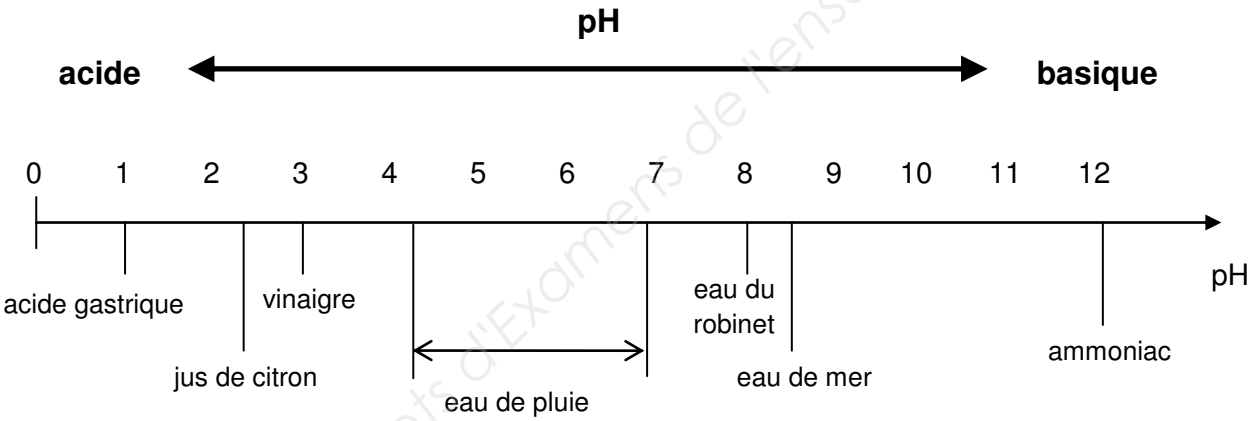
D'après le site https://particuliers.engie.fr/economies-energie/travaux-economies-energie/chauffage/type-chaudiere/chaudiere-a-condensation.html.

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

Document 2 : pH de condensats et comparaisons avec des pH du quotidien.

« Les condensats résultent de la condensation de la vapeur d'eau présente dans les produits de combustion. Une partie du dioxyde de carbone (CO_2) émis lors de la combustion se dissout dans l'eau et se transforme en acide carbonique (CO_2, H_2O) faisant ainsi chuter le pH de ce sous-produit. Ce phénomène se produit, pour une large part, dans l'appareil et se poursuit dans le conduit d'évacuation des produits de combustion.





À ce jour aucune réglementation nationale n'exige le traitement des condensats émis par les appareils à combustible gazeux à usage domestique, raccordés à un conduit individuel ou à un conduit collectif, avant évacuation vers le réseau des eaux usées. Cependant, il convient de vérifier localement les règlements de service d'assainissement ou les règlements sanitaires car ces textes peuvent l'imposer. »

D'après le site https://cegibat.grdf.fr/reponse-expert/neutralisation-condensats-chaudiere-a-condensation-individuelle-gaz

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

Document 3 : neutralisation des condensats.

En revanche, un neutraliseur de condensat est vivement conseillé lorsque les rejets se font sur des éléments non compatibles avec l'acidité élevée des condensats (ex. tuyauterie cuivre, fonte, fibrociment, béton …) ou dans une fosse septique. Si rien n'est fait, la tuyauterie percera rapidement, dans un délai de une à trois années suivant le combustible et la quantité de condensats, entraînant une fuite (voir photos ci-dessous). Dans le doute, il est recommandé de poser un neutraliseur de condensats.

État d'une tuyauterie cuivre recevant les condensats d'une chaudière à condensation gaz au bout de trois ans !



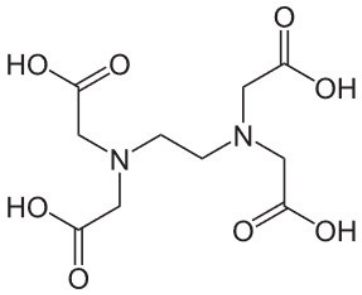
Le fonctionnement d'un neutraliseur de condensats est extrêmement simple. L'eau qui s'écoule de la chaudière à condensation traverse un petit réservoir contenant des billes de carbonate de calcium, c'est à dire tout simplement du calcaire qui va relever le pH de l'eau et le réajuster entre 6,0 et 8,3, grâce à son action chimique.

D'après le site https://blog.elyotherm.fr/2014/05/chaudiere-condensation-faut-il-traiter-les-condensats-acides.html

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

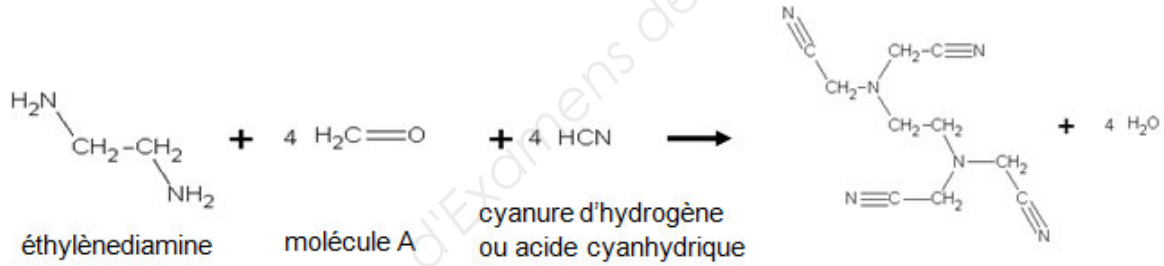
Document 4 : la chélation par l'EDTA et sa synthèse.

Le risque sanitaire lié à la corrosion des conduites métalliques est une intoxication par les métaux lourds comme le plomb ou le cuivre. Un des traitements possibles est une chélation utilisant de l'acide éthylènediaminetétraacétique, noté EDTA, dont la formule topologique est donnée ci-dessous.

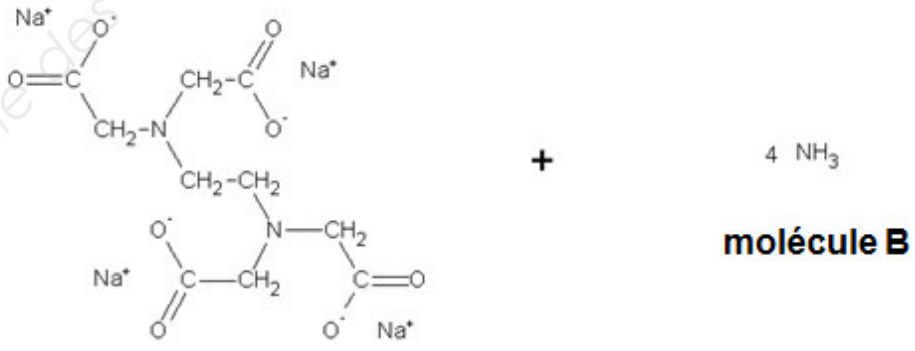


Une des méthodes de synthèse de l'EDTA fait intervenir les étapes suivantes :

➔ *étape 1 :*



➔ *étape 2 : séparation, lavage et traitement à la soude qui conduit à*



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

Données :

- numéros atomiques : $Z(C) = 6$;
  $Z(O) = 8$;
- masses molaires en $g.mol^{-1}$: $M(C) = 12,0$;
  $M(O) = 16,0$;
- solubilité du dioxyde de carbone gazeux dans l'eau sous 1 bar à 60 °C :
  $s = 0,576\ g.L^{-1}$;
- pKa de couples acido-basiques à 25 °C : $(CO_2, H_2O / HCO_3^-{}_{(aq)})$ $pKa_1 = 6,4$;
  $(HCO_3^-{}_{(aq)} / CO_3^{2-}{}_{(aq)})$ $pKa_2 = 10,2$;
  $(NH_4^+{}_{(aq)} / NH_{3(aq)})$ $pKa_3 = 9,25$;
- produit de solubilité de l'hydroxyde de cuivre II à 25 °C : $Ks(Cu(OH)_{2(s)}) = 10^{-20}$;
- produit ionique de l'eau à 25 °C : $Ke = 10^{-14}$;
- potentiels standards d'oxydoréduction à 25°C : $E°(H_2O_{(liq)} / H_{2(g)}) = 0,00$ V ;
  $E°(O_{2(g)} / H_2O_{(liq)}) = 1,23$ V ;
- on utilisera l'égalité $\frac{RT}{F} \times Ln(x) = 0,06 \times \log(x)$.

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

Partie 1 - Analyse des condensats.

1.1- Écrire la configuration électronique des éléments carbone (C) et oxygène (O) puis, **préciser** le nombre d'électrons de valence (ou électrons périphériques) dans chaque cas.

1.2- Donner la représentation de Lewis de la molécule de dioxyde de carbone de formule CO_2.

1.3- Indiquer la géométrie de la molécule de dioxyde de carbone **en justifiant** la réponse à l'aide de la méthode VSEPR.

1.4- Déduire que la molécule de dioxyde de carbone est apolaire. *Ce caractère apolaire justifie alors la faible solubilité du dioxyde de carbone dans l'eau.*

1.5- Calculer la solubilité du dioxyde de carbone gazeux dans l'eau à 60 °C, exprimée en $mol.L^{-1}$.

1.6- Écrire les équations des équilibres acido-basiques dans l'eau mis en jeu pour les couples (CO_2, H_2O) / $HCO_3^-{}_{(aq)}$ et $HCO_3^-{}_{(aq)}$ / $CO_3^{2-}{}_{(aq)}$.

1.7- On néglige la seconde acidité du dioxyde de carbone et on considère qu'il est peu dissocié dans l'eau.

1.7.1- La concentration molaire en dioxyde de carbone dissous est notée C et la concentration molaire en ions oxonium est notée $[H_3O^+]$.

Montrer alors que la constante d'acidité du couple (CO_2, H_2O) / $HCO_3^-{}_{(aq)}$ a pour expression :

$$Ka_1 = \frac{[H_3O^+]^2}{C}$$

1.7.2- Déduire l'expression simplifiée du pH d'une solution aqueuse de dioxyde de carbone dissous en fonction de pKa_1 et de C.

1.8- Calculer le pH d'une solution aqueuse de dioxyde de carbone dissous de concentration molaire C égale à $1{,}0.10^{-2}$ $mol.L^{-1}$, obtenue à partir des condensats. **Indiquer** si cette valeur est en accord avec le document 2.

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

1.8- Calculer le pH d'une solution aqueuse de dioxyde de carbone dissous de concentration molaire C égale à $1{,}0.10^{-2}$ mol.L^{-1}, obtenue à partir des condensats. **Indiquer** si cette valeur est en accord avec le document 2.

Partie 2 - Corrosion d'une conduite en cuivre

Le diagramme potentiel-pH de l'élément cuivre est fourni sur le **document-réponse (à rendre avec la copie)** pour une concentration molaire de tracé C_0 égale à 10^{-2} mol.L^{-1}. Dans ce diagramme, les espèces chimiques prises en compte sont les suivantes : $Cu_{(s)}$; $Cu^{2+}_{(aq)}$; $Cu_2O_{(s)}$ et $Cu(OH)_{2(s)}$.

2.1- Déterminer, sur ce diagramme, par lecture graphique, le pH de début de précipitation de l'hydroxyde de cuivre II, de formule $Cu(OH)_{2(s)}$.

2.2- En utilisant l'expression littérale du produit de solubilité de l'hydroxyde de cuivre II, $Ks(Cu(OH)_{2(s)})$, en fonction des concentrations molaires des ions cuivre II et des ions hydroxyde, notées respectivement $[Cu^{2+}]$ et $[HO^-]$, **retrouver** cette valeur de pH par le calcul.

2.3- Écrire la demi-équation électronique pour le couple redox $O_{2(g)}$ / $H_2O_{(liq)}$.

2.4- Montrer, que pour une pression en dioxygène de 1 bar, l'expression du potentiel de ce couple en fonction du pH s'écrit :

$$\mathbf{E = 1{,}23 - 0{,}06 \times pH}$$

2.5- Le segment frontière, noté (D), pour le couple $O_{2(g)}$ / $H_2O_{(liq)}$ et correspondant à l'expression du potentiel vue à la question **2.4-**, a été tracé sur le diagramme potentiel-pH. **Indiquer sur le document-réponse** les domaines de stabilité de $O_{2(g)}$ et de $H_2O_{(liq)}$.

2.6- Justifier alors que le cuivre peut être attaqué en milieu humide aéré à un pH égal à 2,5.

2.7- Justifier, à l'aide du document 3, l'intérêt de neutraliser les condensats.

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

Partie 3 – Neutralisation acido-basique des condensats.

3.1 - **Écrire** la réaction acido-basique qui a lieu entre le dioxyde de carbone dissous de formule (CO_2, H_2O), et le carbonate de calcium de formule $CaCO_{3(s)}$ constituant des billes du neutraliseur, sachant qu'il se forme des ions hydrogénocarbonate de formule $HCO_3^-{}_{(aq)}$.

Pour la suite, on considèrera que cette réaction est totale.

3.2- Représenter, en fonction du pH, le diagramme de prédominance des différentes espèces chimiques intervenant dans les couples acido-basiques (CO_2, H_2O) / $HCO_3^-{}_{(aq)}$ et $HCO_3^-{}_{(aq)}$ / $CO_3^{2-}{}_{(aq)}$.

3.3- Justifier le caractère amphotère des ions hydrogénocarbonate.

3.4- Le pH d'une solution aqueuse d'hydrogénocarbonate de calcium ($Ca^{2+}{}_{(aq)} + 2\ HCO_3^-{}_{(aq)}$), obtenue par la réaction supposée totale qui a lieu entre le dioxyde de carbone dissous et le carbonate de calcium prend la valeur de 8,3. **Indiquer** si ce pH est conforme au rôle du neutraliseur décrit dans le document 3.

3.5- Expliquer en quoi le pH des eaux usées des ménages justifie l'absence actuelle de réglementation sur le traitement des condensats en France pour des particuliers. Il est possible d'appuyer la réponse sur les documents 2 et 3.

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

Partie 4 - Chélation par l'EDTA et sa synthèse.

4.1- Sur le **document-réponse, entourer** et **nommer** les différents groupes fonctionnels de la molécule d'acide éthylènediaminetétraacétique, notée EDTA.

4.2- Préciser la famille à laquelle appartient la molécule A de formule $H_2C=O$, puis la **nommer**.

4.3- Nommer la molécule B de formule NH_3. **Préciser** sa nature acide ou basique.

4.4- Les pictogrammes relatifs à l'acide cyanhydrique, de formule HCN, sont les suivants :



Indiquer alors les précautions à prendre pour manipuler l'acide cyanhydrique.

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

PARTIE PHYSIQUE (5 points)

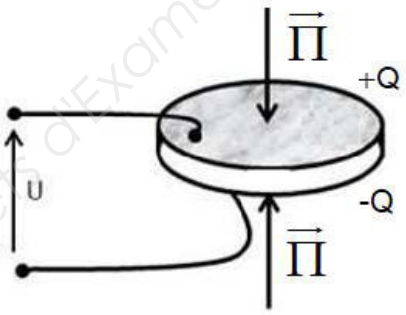
Document 5 : contrôle de pression dans la chaudière à condensation.

Une chaudière à condensation doit être régulièrement contrôlée pour éviter les risques de panne ou détecter les problèmes mineurs avant qu'ils ne deviennent plus importants. Un de ces points de contrôle est celui de la pression de l'eau.

En règle générale, pour que la chaudière fonctionne convenablement, la valeur de la pression de l'eau doit être constamment comprise entre 1 et 1,5 bar.

Si tel n'est pas le cas, la chaudière se met alors en défaut et s'arrête de fonctionner.

Document 6 : principe de fonctionnement d'un capteur de pression piézoélectrique.



D'après http://hbm.com

Un capteur piézoélectrique est constitué d'un cristal, par exemple en quartz, qui se polarise électriquement lorsqu'il est soumis à des contraintes mécaniques modélisées par un vecteur force, noté $\vec{\Pi}$.

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

Il apparaît alors des charges électriques opposées, notées + Q et – Q, de part et d'autre du cristal de quartz. Il se crée ainsi une différence de potentiel aux extrémités de ce cristal, notée U_c, qui se comporte alors comme un condensateur de capacité notée C.

Données :

- $Q = C.U_c$;
- la valeur Π de la force pressante et la charge Q sont proportionnelles ;
- $U_c = \dfrac{\beta.\Pi}{C}$

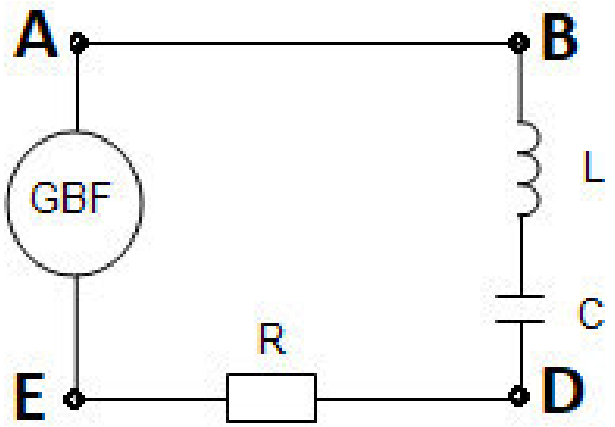
  avec $\beta = 1{,}6.10^{-7}$ V.F.N^{-1} ; Π en newton (N) et C la capacité en farad (F) ;
- la valeur Π de la force pressante exercée sur le capteur est proportionnelle à la pression notée p et à la surface du capteur notée S, selon la relation :

  $$\Pi = p.S$$

  avec $S = 1{,}0.10^{-4}$ m^2 ; p en pascal (Pa) ;
- 1 bar = $1{,}0.10^5$ Pa.

Pour déterminer la valeur de la pression de l'eau dans une chaudière à condensation, on utilise un capteur de pression piézoélectrique pour lequel il est nécessaire de déterminer la valeur de la capacité. Pour cela, le capteur est inséré dans un circuit série comprenant également :

- un générateur basse fréquence (GBF) ;
- un conducteur ohmique de résistance notée R;
- une bobine parfaite d'inductance notée L.



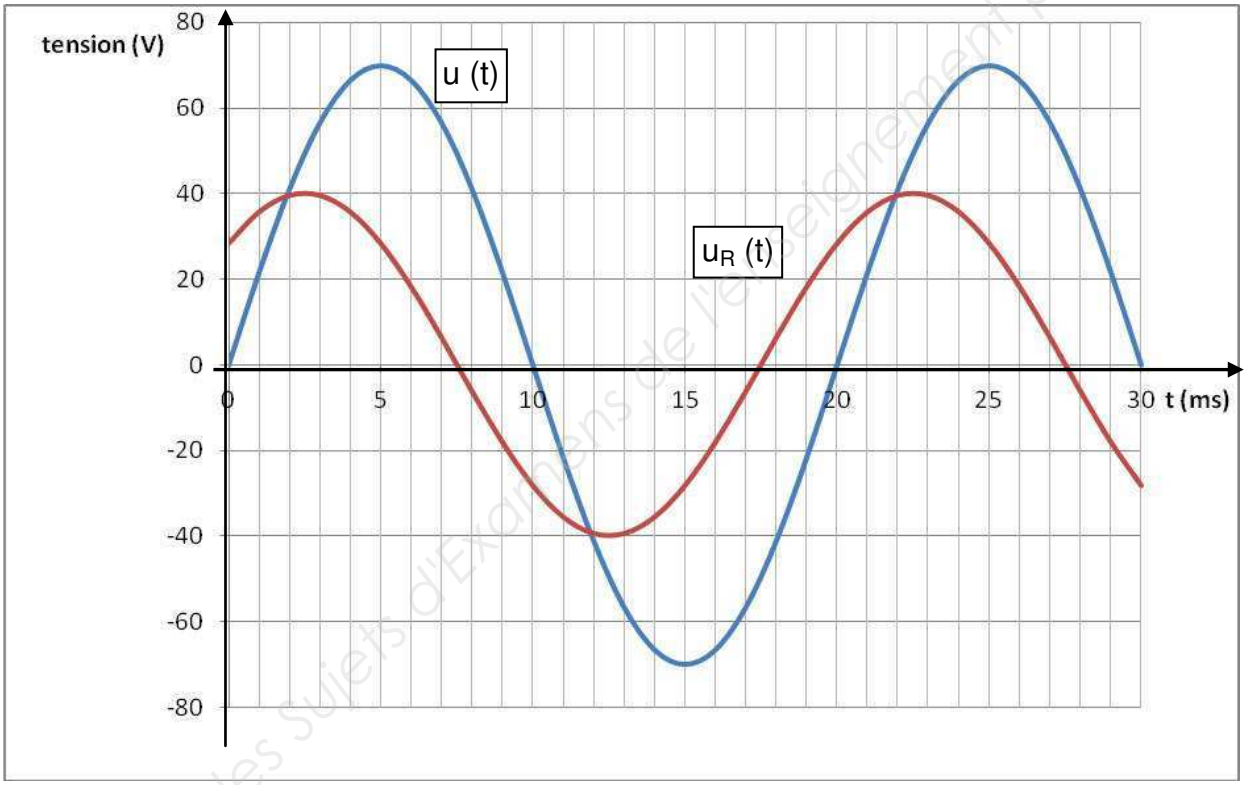
Données : R = 30 kΩ ; L = 0,32 H.

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

5.1- On dispose d'un système d'acquisition de tension.

Pour observer simultanément les tensions aux bornes du GBF et aux bornes du conducteur ohmique, notées respectivement u(t) et $u_R(t)$, on doit brancher le système d'acquisition. **Indiquer** en quels points du circuit, **A**, **B**, **D** ou **E**, on doit faire le branchement pour visualiser la tension u(t) sur la voie 1 et la tension $u_R(t)$ sur la voie 2. **Préciser** le branchement à la masse pour le système d'acquisition.

À l'aide du système d'acquisition, on visualise les courbes suivantes :



5.2- Déterminer graphiquement la valeur de la période, notée T, de la tension délivrée par le GBF.

5.3- Déduire les valeurs de la fréquence et de la pulsation, notées respectivement f et ω, de la tension délivrée par le GBF.

5.4- Le déphasage, notée φ, de la tension délivrée par le GBF (u(t)) par rapport à la tension aux bornes du conducteur ohmique ($u_R(t)$) prend la valeur de – 45 °. **Justifier**, à l'aide des courbes, le signe négatif de ce déphasage.

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

5.5- On donne la relation : $C = (L.\omega^2 - R.\omega.\tan(\varphi))^{-1}$. **Calculer** la valeur de la capacité du condensateur.

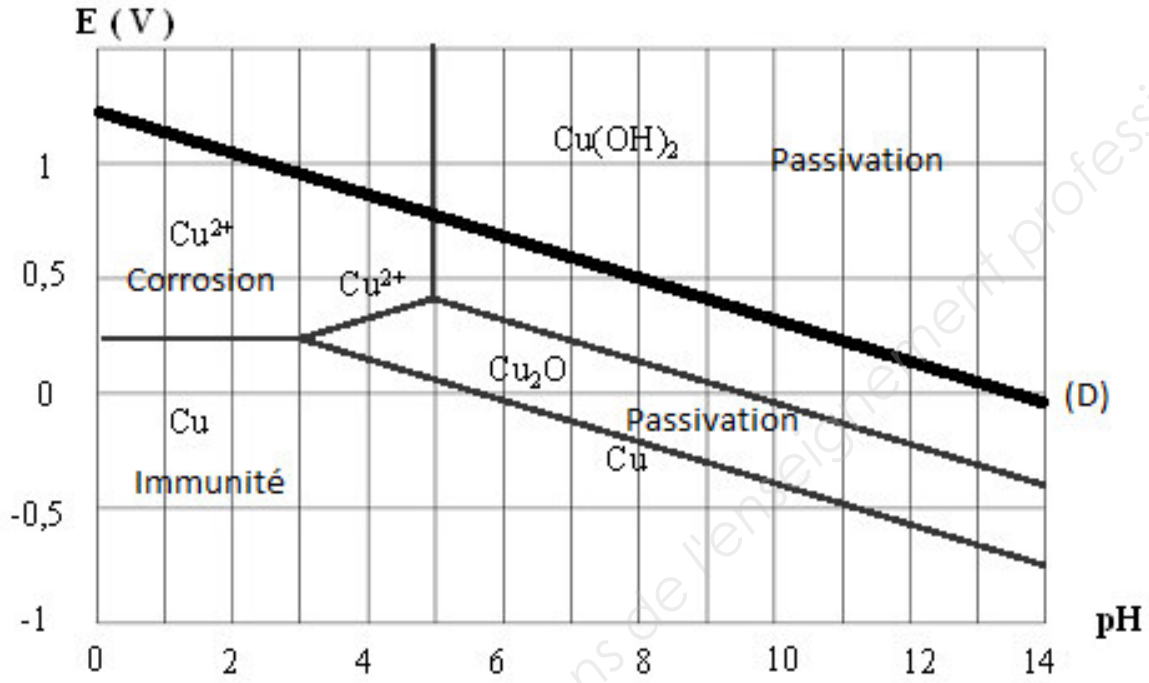
5.6-. **Calculer** alors la valeur de la force de pression (Π) appliquée sur le capteur piézoélectrique, lorsque Uc prend la valeur de 40 V.

5.7- Déduire la valeur de la pression de l'eau mesurée dans la chaudière. **Expliquer** si la chaudière se met en défaut, en **justifiant** la réponse.

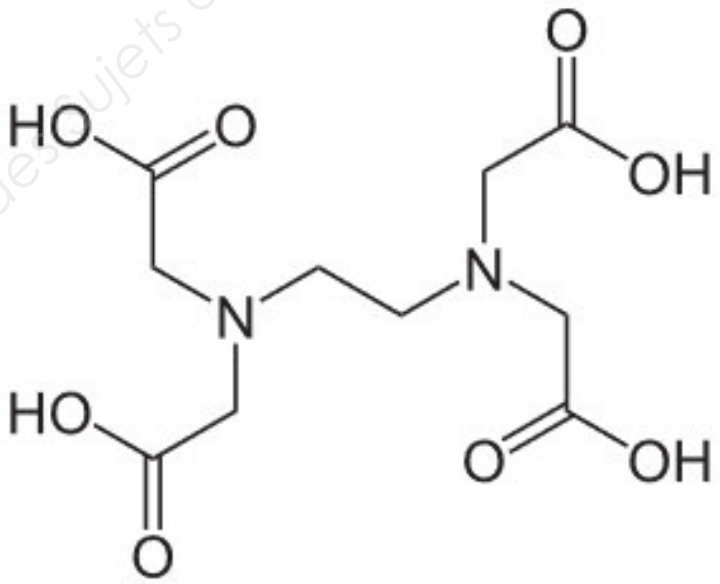
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

DOCUMENT-RÉPONSE (à rendre avec la copie)

Diagramme potentiel-pH du cuivre et de ses oxydes
concentration de tracé : $C_0 = 10^{-2}$ mol.L^{-1}



Formule topologique de l'EDTA



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

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.