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 :
formav.co/explorer

BTS MÉTIERS DE L • CORRIGÉ DÉTAILLÉ

Sciences physiques

Session 2008 • Code sujet : **MTE3SC** • Durée : **Non indiquée**

Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement

1. L’élimination des ions phosphate (9 questions) **Page 3**

2. L’élimination du fer et du manganèse dissous (3 questions) **Page 9**

3. Chimie organique (3 questions) **Page 11**

4. Physique : étude d’un système électrique oscillant (6 questions) **Page 12**

5. Ce qu’il faut retenir & Questions fréquentes (FAQ) (Synthèse & Q&A Examen) **Page 15**

Sujet officiel (PDF) : https://btsme.fr/assets/annales/bts-me/E3.2 - Physique - Chimie/2008/BTS ME - E3.2 - Physique - Chimie - Session 2008 - 1-Sujet.pdf

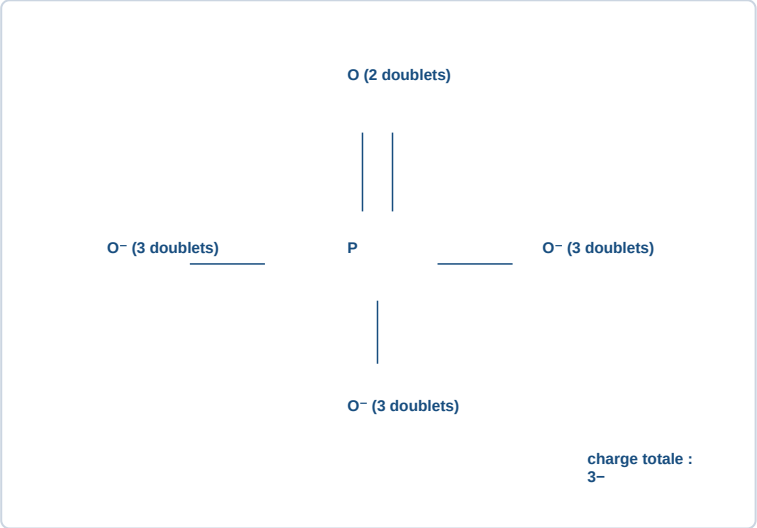
1. L’élimination des ions phosphate

L’étude porte sur le traitement des eaux usées par précipitation des ions phosphate avec des ions fer(III), apportés sous forme de chlorure de fer(III). Les questions mobilisent la structure de Lewis, les équilibres acido-basiques, la solubilité et le dimensionnement d’une pompe doseuse.

Question 1. Écrire la formule de Lewis de l’ion phosphate en tenant compte du fait que le phosphore est lié cinq fois, puis en déduire sa géométrie selon la méthode VSEPR. Les numéros atomiques de l’oxygène et du phosphore sont fournis.

Le phosphore est au centre. Une représentation de Lewis compatible avec les cinq liaisons du phosphore comporte une liaison P=O et trois liaisons P-O^-, avec la charge totale 3−. Les oxygènes portent leurs doublets non liants; les formes mésomères équivalentes déplacent la liaison double. Autour de P, il y a quatre domaines liants et aucun doublet non liant : type VSEPR AX_4, donc géométrie tétraédrique.

Lewis de l’ion phosphate



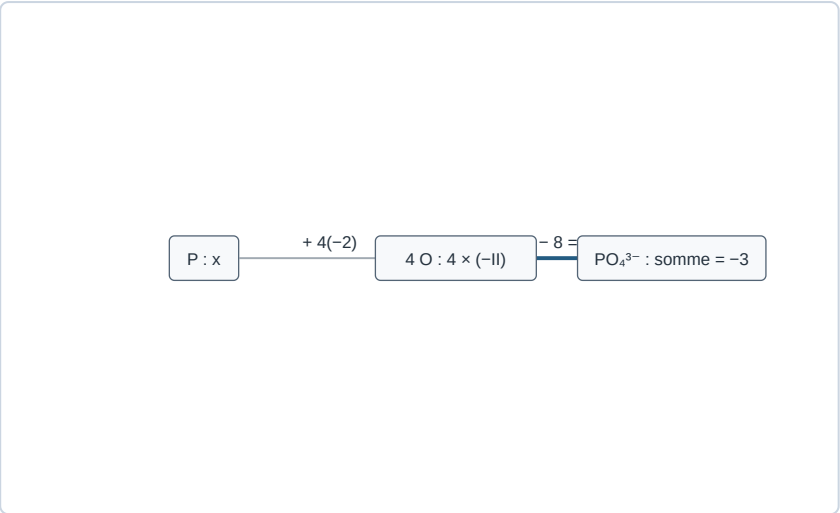
✓ RÉPONSE À RETENIR

Lewis : $[O{=}P(O^-)_3]^{3-}$, avec formes mésomères équivalentes. Géométrie autour de P : tétraédrique, type AX_4.

Question 2. Déterminer le nombre d’oxydation du phosphore dans l’ion phosphate PO_4^{3-}.

L’oxygène a le nombre d’oxydation −II. La somme des nombres d’oxydation d’un ion est égale à sa charge. En notant x celui du phosphore dans PO_4^{3-}, on écrit $x + 4(-2) = -3$, d’où $x = +5$.

Bilan des nombres d’oxydation



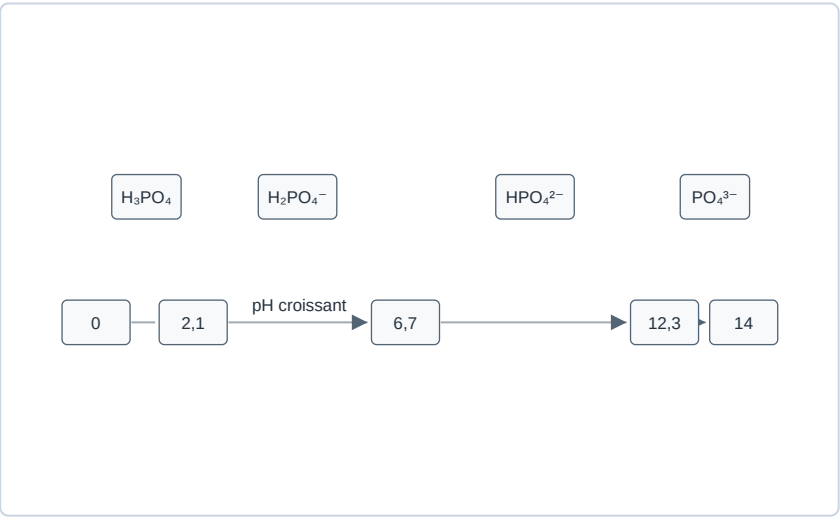
Donc x = +5.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Le nombre d’oxydation du phosphore dans PO_4^{3-} est +V.

Question 3. À partir des trois pKa fournis pour les couples phosphatés, représenter sur une échelle de pH les domaines de prédominance des quatre espèces acido-basiques.

Chaque frontière de prédominance est au pH égal au pKa du couple correspondant. En dessous du pKa prédomine la forme acide; au-dessus, la forme basique. Les espèces se succèdent donc dans l’ordre de déprotonation, aux pH 2,1, 6,7 et 12,3.

Domaines de prédominance sur l’échelle de pH



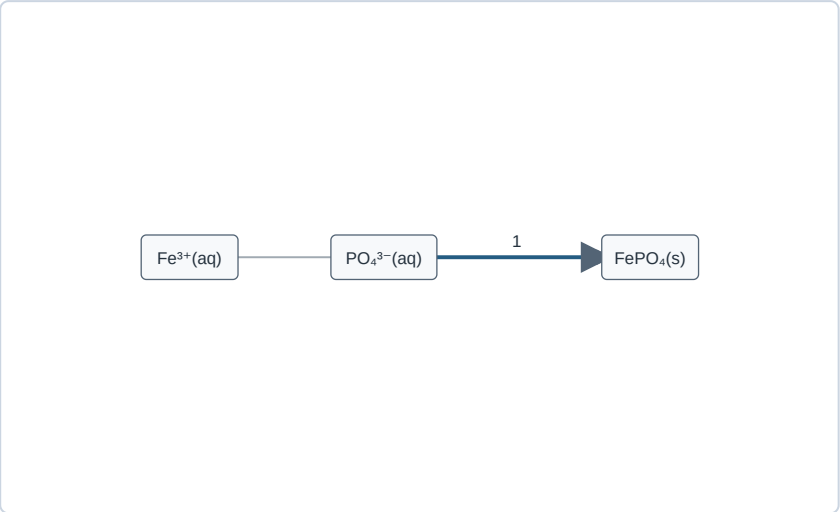
Les nombres sur l’axe indiquent les pKa de séparation.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> pH < 2,1 : H_3PO_4 ; 2,1 à 6,7 : $H_2PO_4^-$; 6,7 à 12,3 : HPO_4^{2-} ; pH > 12,3 : PO_4^{3-}.

Question 4. Écrire l'équation de la réaction de précipitation de l'ion phosphate avec l'ion fer(III).

Le solide $FePO_4$ est neutre. Un ion Fe^{3+} réagit donc avec un ion PO_4^{3-} selon un rapport stœchiométrique 1:1. L'équation ionique est équilibrée en atomes et en charges.

Précipitation du phosphate de fer(III)



Rapport stœchiométrique Fe^{3+} : PO_4^{3-} = 1 : 1.

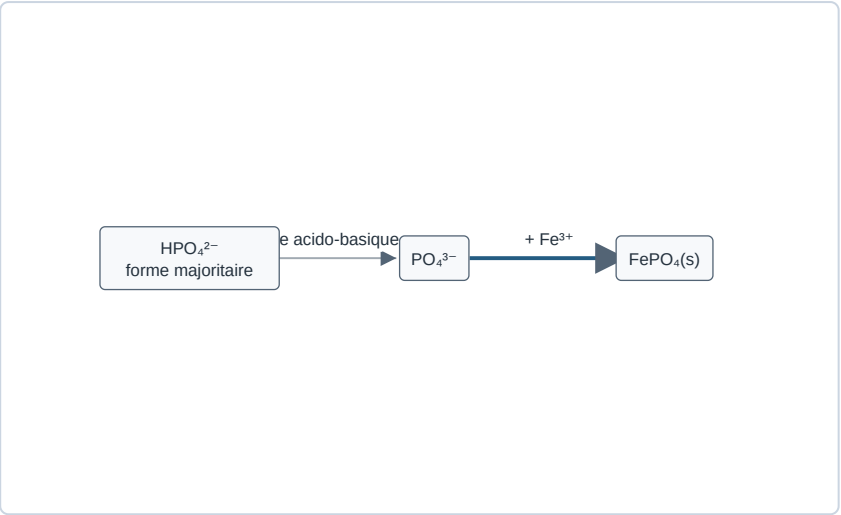
✓ RÉPONSE À RETENIR

$Fe^{3+}(aq) + PO_4^{3-}(aq) \rightarrow FePO_4(s)$

Question 5. À pH 7,8, l'espèce phosphatée prédominante est HPO_4^{2-}. Expliquer simplement pourquoi l'ajout d'ions fer(III) permet d'éliminer les différentes espèces phosphatées.

À pH 7,8, HPO_4^{2-} prédomine, mais demeure en équilibre avec les autres formes, notamment PO_4^{3-}. La précipitation consomme PO_4^{3-} sous forme de $FePO_4(s)$. Sa diminution déplace l'équilibre acido-basique et régénère PO_4^{3-} à partir des formes protonées. L'ajout de Fe^{3+} permet ainsi d'éliminer progressivement toutes les espèces phosphatées.

Élimination des formes phosphatées à pH 7,8



La consommation de PO_4^{3-} déplace l'équilibre vers sa régénération.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Fe^{3+} précipite PO_4^{3-} en $FePO_4(s)$. Les équilibres acido-basiques régénèrent PO_4^{3-} depuis les autres formes, qui sont ainsi éliminées.

Quantité de phosphate à précipiter

Question 6.1. Écrire la relation de conservation de la quantité de matière des ions phosphate, puis déterminer la quantité qui doit précipiter pour que la concentration en phosphore respecte la norme. Utiliser le volume de 100 mL et les concentrations initiale et finale fournies.

La conservation s'écrit $n_{initial} = n_{final} + n_{précipité}$. Pour V = 0,100 L, la quantité à précipiter vaut $V([PO_4^{3-}]_{initial} - [PO_4^{3-}]_{final}) = 0{,}100 \times (5{,}2 \times 10^{-5} - 3{,}2 \times 10^{-5})$ mol. On obtient $2{,}0 \times 10^{-6}$ mol.

Bilan de matière du phosphate

État	Concentration (mol·L⁻¹)	Quantité dans 0,100 L (mol)
Initial	$5{,}2 \times 10^{-5}$	$5{,}2 \times 10^{-6}$
Final maximal	$3{,}2 \times 10^{-5}$	$3{,}2 \times 10^{-6}$
À précipiter	Différence	$2{,}0 \times 10^{-6}$

ninitial = nfinal + nprécipité.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Quantité de phosphate à précipiter : $2{,}0 \times 10^{-6}$ mol pour 100 mL d'eau.

Solubilité et rapport stœchiométrique

Question 6.2. Donner l'expression du produit de solubilité Ks du phosphate de fer(III) $FePO_4$. À partir de l'équation de précipitation, établir la relation entre les quantités de Fe^{3+} et de PO_4^{3-} qui précipitent, puis montrer que la quantité de Fe^{3+} restant en solution est négligeable devant la quantité précipitée. Utiliser pKs = 21,9.

Pour $FePO_4(s) \rightleftharpoons Fe^{3+} + PO_4^{3-}$, $K_S = [Fe^{3+}][PO_4^{3-}] = 10^{-21,9}$. Le rapport stœchiométrique étant 1:1, les quantités précipitées sont égales. À la limite de la norme, $[PO_4^{3-}] = 3,2 \times 10^{-5}$ mol·L^{-1}, donc $[Fe^{3+}] = K_S/[PO_4^{3-}] \approx 3,9 \times 10^{-18}$ mol·L^{-1}. Dans 0,100 L, le fer restant est environ 2×10^{-13} de la quantité précipitée, donc négligeable.

Équilibre de solubilité de $FePO_4$

Grandeur	Valeur
K_S	$10^{-21,9}$
$[PO_4^{3-}]$ à la norme	$3,2 \times 10^{-5}$ mol·L^{-1}
$[Fe^{3+}]$ résiduel	$3,9 \times 10^{-18}$ mol·L^{-1}
$n(Fe^{3+})$ résiduel dans 0,100 L	$3,9 \times 10^{-19}$ mol

Dissolution : $FePO_4(s) \rightleftharpoons Fe^{3+} + PO_4^{3-}$.

✓ RÉPONSE À RETENIR

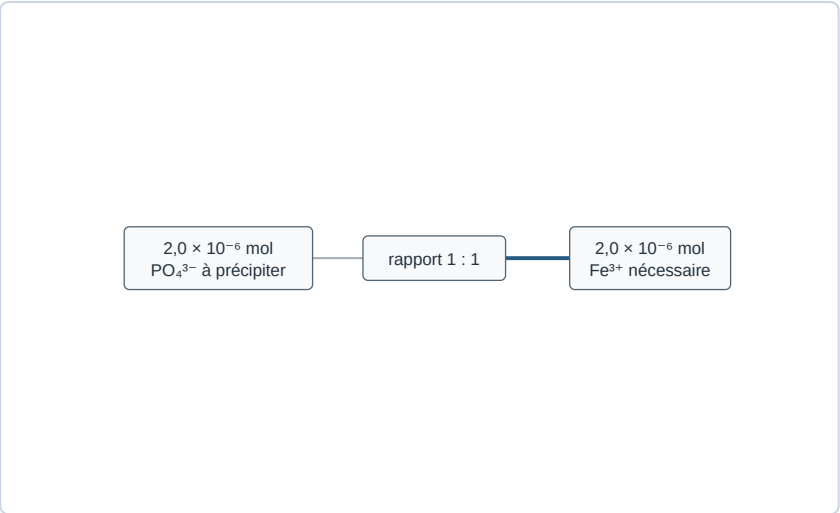
$K_S = [Fe^{3+}][PO_4^{3-}] = 10^{-21,9}$; $n(Fe^{3+})$ restant ≈ $3,9 \times 10^{-19}$ mol, négligeable devant la quantité précipitée.

Quantité minimale de fer(III)

Question 6.3. Déduire des résultats précédents la quantité minimale d'ions Fe^{3+} à ajouter pour respecter la norme.

La précipitation consomme un ion Fe^{3+} par ion phosphate. La quantité minimale de fer à apporter est donc égale à la quantité de phosphate qui doit précipiter, calculée à la question 6.1. La quantité de Fe^{3+} qui reste dissoute à l'équilibre est négligeable devant la quantité précipitée et ne change pas le résultat à la précision des données.

Quantité minimale de fer(III)



La quantité de fer résiduelle en solution est négligeable.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Quantité minimale à ajouter : n(Fe^{3+}) ≈ 2,0 × 10^{-6} mol pour 100 mL d'eau.

Question 7. Pour traiter 100 m³ d'eau en trois heures, calculer le débit en L·h⁻¹ de la pompe injectant une solution commerciale de chlorure de fer(III). Le technicien dose deux fois la quantité initiale de phosphate en ions Fe^{3+} ; la solution a une densité de 1,4 et contient 42 % en masse de $FeCl_3$. Utiliser la masse molaire et la masse volumique fournies.

Dans 100 m³, soit 100 000 L, la quantité initiale de phosphate vaut 100 000 × 5,2 × 10^{-5} = 5,2 mol. Le dosage double correspond à 10,4 mol de $FeCl_3$, soit 1 690 g de produit pur. À 42 % en masse, la solution pèse 4 024 g. Sa masse volumique est 1,4 × 10^3 g·L^{-1} : le volume à injecter est 2,87 L en 3 h.

Dimensionnement de la pompe doseuse

Étape	Résultat
Phosphate initial dans 100 000 L	5,2 mol
$FeCl_3$ dosé (double)	10,4 mol
Masse de $FeCl_3$ pur	1 690 g
Masse de solution à 42 %	4 024 g
Volume de solution	2,87 L
Débit sur 3 h	0,96 L·h^{-1}

Densité relative : 1,4 ; masse volumique de la solution : 1,4 × 10^3 g·L^{-1}.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Débit de la pompe doseuse : environ 0,96 L·h^{-1}.

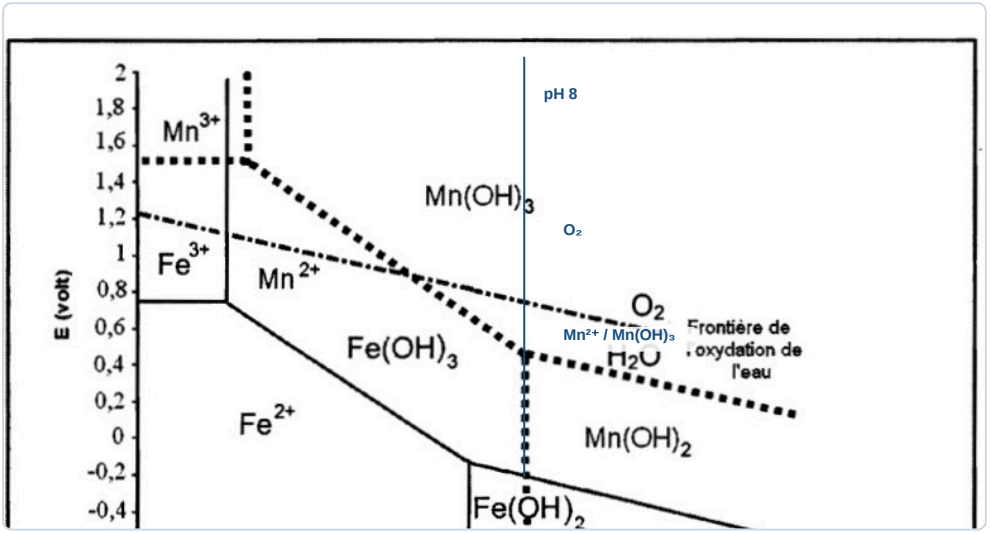
2. L’élimination du fer et du manganèse dissous

Des diagrammes de Pourbaix simplifiés et superposés du fer et du manganèse présentent les domaines de stabilité des espèces et la frontière d’oxydation de l’eau. Il faut les interpréter pour déterminer les possibilités d’oxydation et choisir une méthode d’élimination de Fe^{2+} et Mn^{2+} à pH 8.

Question 1. À pH 8, déterminer si l’ion Mn^{2+} peut être oxydé par le dioxygène de l’air et justifier la réponse par une lecture du diagramme de Pourbaix.

À pH 8, on lit le potentiel de la frontière d’oxydation de l’eau et celui de la limite entre Mn^{2+} et $Mn(OH)_3$. La frontière de l’eau est au-dessus de cette limite : le dioxygène peut donc oxyder Mn^{2+}. À ce pH, le diagramme indique que le produit stable en milieu oxydant est $Mn(OH)_3(s)$.

Lecture du diagramme à pH 8



✓ **RÉPONSE À RETENIR**

Oui. À pH 8, O_2 peut oxyder Mn^{2+} en $Mn(OH)_3(s)$.

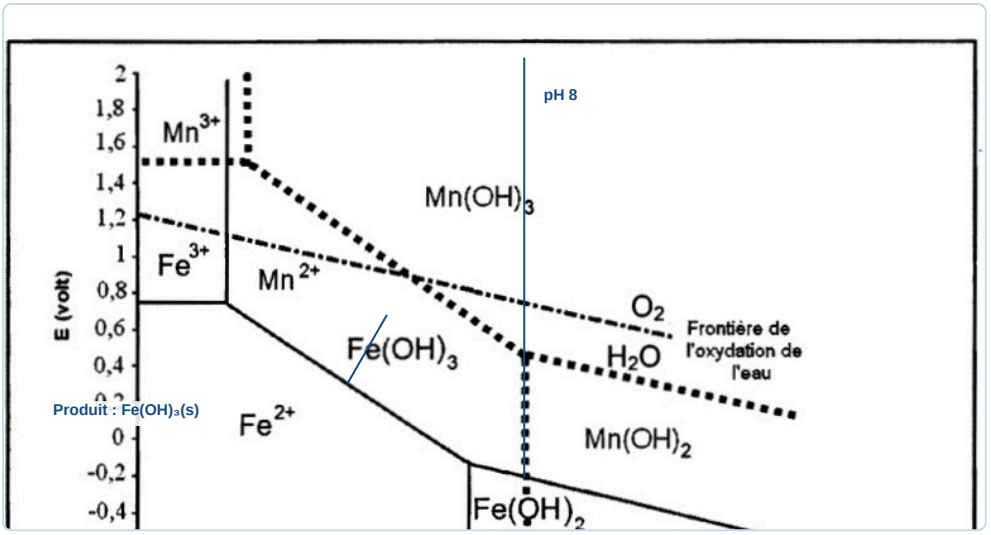
Question 2. Pour l’oxydation de Fe^{2+} par le dioxygène de l’air en milieu basique, écrire les demi-équations et l’équation-bilan. Déterminer les produits à l’aide du diagramme.

Le diagramme indique la formation de $Fe(OH)_3(s)$. En milieu basique, les demi-équations sont :

- Oxydation : $Fe^{2+} + 3\ OH^- \rightarrow Fe(OH)_3(s) + e^-$.
- Réduction : $O_2 + 2\ H_2O + 4\ e^- \rightarrow 4\ OH^-$.

On multiplie la première équation par 4, puis on additionne les deux demi-équations et on simplifie les ions OH^-.

Produit d'oxydation du fer



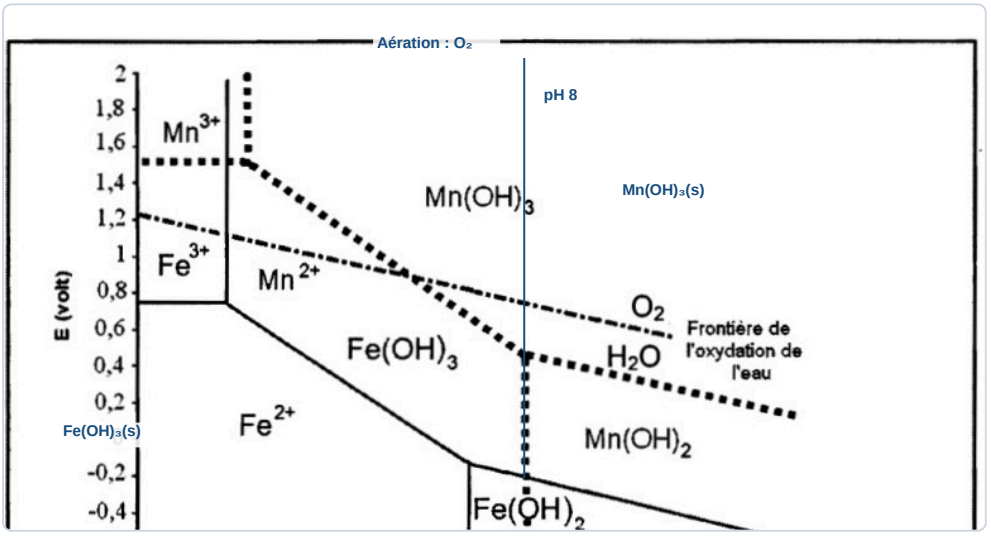
✓ **RÉPONSE À RETENIR**

$4\ Fe^{2+} + O_2 + 8\ OH^- + 2\ H_2O \rightarrow 4\ Fe(OH)_3(s)$.

Question 3. À partir du diagramme, déduire la méthode la plus judicieuse et la plus économique pour éliminer les ions Fe^{2+} et Mn^{2+} d'une eau à traiter à pH 8.

À pH 8, le diagramme montre que le dioxygène peut oxyder Fe^{2+} en $Fe(OH)_3(s)$ et Mn^{2+} en $Mn(OH)_3(s)$. L'aération fournit donc l'oxydant nécessaire aux deux précipitations, sans ajout d'un oxydant chimique. Il suffit ensuite de séparer les solides formés de l'eau, par décantation ou filtration.

Traitement par aération à pH 8



✓ **RÉPONSE À RETENIR**

Aérer l'eau à pH 8, puis éliminer les précipités $Fe(OH)_3$ et $Mn(OH)_3$ par décantation ou filtration.

3. Chimie organique

L'exercice étudie un acide aminé de formule générale $H_2N\text{-}CHR\text{-}COOH$, où R est une chaîne carbonée. La méthode de Van Slyke sert à doser cet acide aminé en mesurant le diazote dégagé lors de sa réaction avec l'acide nitreux.

Question 1. Écrire la formule zwitterionique, ou amphionique, de l'acide aminé $H_2N\text{-}CHR\text{-}COOH$.

Le groupe amine capte un proton et le groupe carboxyle en cède un. Le zwitterion porte donc deux charges opposées et reste globalement neutre.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $H_3N^+\text{-}CHR\text{-}COO^-$

Réaction avec l'acide nitreux

Question 2.1. Écrire l'équation de la réaction de l'acide aminé avec l'acide nitreux HNO_2. Le composé organique obtenu possède une fonction acide et une fonction alcool.

La fonction amine primaire est remplacée par une fonction alcool. L'équation équilibrée montre qu'une mole d'acide aminé produit une mole de diazote.

$$H_2N\text{-}CHR\text{-}COOH + HNO_2 \rightarrow HO\text{-}CHR\text{-}COOH + N_2 + H_2O$$

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $H_2N\text{-}CHR\text{-}COOH + HNO_2 \rightarrow HO\text{-}CHR\text{-}COOH + N_2 + H_2O$

Dosage par mesure du diazote

Question 2.2. Déterminer la concentration de la solution d'acide aminé sachant que 248 mL de diazote sont recueillis pour 100 mL de solution. Le volume molaire des gaz dans les conditions de l'expérience est de 24 $L\cdot mol^{-1}$.

La stœchiométrie donne une mole d'acide aminé par mole de N_2. Avec les conversions en litres : **$n(N_2) = 0{,}248/24 = 1{,}03 \times 10^{-2}$ mol**. Pour 0,100 L de solution, **$c = n/V = 0{,}103\ mol\cdot L^{-1}$**.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $c \approx 0{,}103\ mol\cdot L^{-1}$

4. Physique : étude d'un système électrique oscillant

Un montage à amplificateur opérationnel idéal est présenté pour compenser l'amortissement d'un circuit RLC oscillant librement. Le sujet demande d'analyser les tensions et les courants du montage, puis d'exploiter le graphe des oscillations pour estimer la période propre et l'inductance de la bobine.

Système électronique

Question 1.1. Rappeler les caractéristiques d'un amplificateur opérationnel idéal fonctionnant en régime linéaire.

Un amplificateur opérationnel idéal a un gain différentiel en boucle ouverte infini, une impédance d'entrée infinie et une impédance de sortie nulle. Ses courants d'entrée sont donc nuls : $i_+ = i_- = 0$. En régime linéaire avec rétroaction négative, la tension différentielle est nulle, d'où $V_+ = V_-$. Les deux entrées sont alors en court-circuit virtuel, sans connexion électrique directe.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Gain différentiel infini, impédance d'entrée infinie, impédance de sortie nulle ; en régime linéaire, $i_+ = i_- = 0$ et $V_+ = V_-$.

Question 1.2. Écrire la loi d'additivité des tensions pour la maille indiquée sur le schéma : E⁺, S, E⁻, E⁺.

On parcourt la maille dans le sens $E^+ \to S \to E^- \to E^+$. La somme algébrique des tensions rencontrées est nulle. En notant $U_{AB} = V_A - V_B$, on écrit la tension de chaque branche dans le sens du parcours, y compris celle entre les deux entrées de l'amplificateur. En régime linéaire, cette dernière tension est nulle puisque $V_+ = V_-$.

La loi demandée s'écrit donc :

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $U_{E^+S} + U_{SE^-} + U_{E^-E^+} = 0$.

Question 1.3. Déduire de l'analyse du montage la relation i = -i'.

1. L'amplificateur idéal ne laisse entrer aucun courant dans ses bornes. Les entrées sont donc à la même tension en régime linéaire : $V_+ = V_-$.
2. Les deux résistances R, reliées entre ces entrées et la sortie S, ont la même tension à leurs bornes. Leurs courants ont donc la même valeur en sens réel, mais les flèches i et i' du schéma sont orientées en sens opposés. Ainsi, $i + i' = 0$.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $i = -i'$.

Question 1.4. **Montrer que la tension e vérifie la relation e = -Rvar i, en utilisant les éléments du circuit représenté.**

L'entrée non inverseuse ne consomme aucun courant. Le courant dans R_{var} est donc celui repéré i' sur le schéma. Avec les orientations de la tension e et du courant, la loi d'Ohm donne $e = R_{\text{var}} i'$. En utilisant la relation établie à la question précédente, $i' = -i$, on obtient directement l'expression demandée.

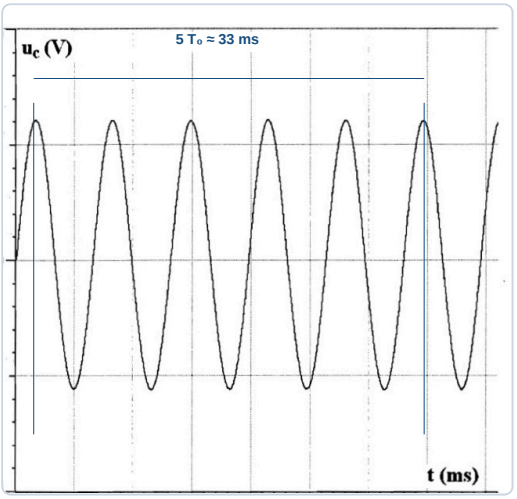
> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $e = -R_{\text{var}} i.$

Circuit oscillant

Question 2.1. **À partir du graphe de la tension uC en fonction du temps, mesurer la période propre T₀ des oscillations électriques.**

Sur le graphe, on relève six maxima successifs, séparés par cinq périodes, sur un intervalle d'environ $33\ \text{ms}$. La période moyenne est donc $T_0 \simeq 33/5 = 6{,}6\ \text{ms}$. Cette lecture sur le tracé donne une valeur approchée.

Mesure de cinq périodes sur le graphe



> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $T_0 \simeq 6{,}6\ \text{ms}.$

Question 2.2. **En utilisant la période propre mesurée et la capacité C = 1,0 µF, déduire une valeur approchée de l'inductance de la bobine.**

Pour les oscillations d'un circuit LC, $T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$, donc $L = T_0^2/(4\pi^2 C)$. Avec $T_0 = 6{,}6 \times 10^{-3}\ \text{s}$ et $C = 1{,}0 \times 10^{-6}\ \text{F}$, le calcul donne une inductance d'environ $1{,}1\ \text{H}$. La valeur reste approchée, car la période est lue sur le graphe.

$$L = \frac{(6{,}6 \times 10^{-3})^2}{4\pi^2 (1{,}0 \times 10^{-6})}$$

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

$L \simeq 1{,}1\ \mathrm{H}$.

SYNTHÈSE DE L'ÉPREUVE & RÉFÉRENTIEL • BTS MÉTIERS DE L

Ce qu'il faut retenir de ce sujet (Session 2008)

Bilan de l'épreuve : Épreuve de sciences physiques du BTS Métiers de l'eau, session 2008, code MTE3SC, durée et coefficient non indiqués. Elle étudie le traitement des eaux par précipitation et oxydoréduction, le dosage d'un acide aminé par dégagement de diazote, et un montage compensant l'amortissement d'un circuit RLC. Les compétences évaluées incluent l'analyse des équilibres, la lecture de diagrammes, les calculs stœchiométriques et l'exploitation d'un graphe électrique.

Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- À pH inférieur à un pKa, la forme acide d'un couple prédomine ; au-dessus, sa forme basique prédomine.
- La précipitation de $FePO_4$ suit un rapport stœchiométrique Fe^{3+}:PO_4^{3-} de 1:1.
- Pour un circuit RLC idéal, la période propre vérifie $T_0 = 2\pi\sqrt{(LC)}$.
- Dans la méthode de Van Slyke, une mole d'amine primaire transformée libère une mole de N_2.

Points de vigilance & attentes du jury

- Vérifier les charges et la conservation des atomes dans chaque équation de précipitation ou d'oxydoréduction.
- Sur une échelle de prédominance, placer chaque frontière au pKa correspondant et respecter l'ordre des espèces.
- Pour le dosage, convertir le volume gazeux en moles avec le volume molaire, puis rapporter à la quantité de solution prélevée.
- Lire les unités sur les graphiques et convertir les millisecondes et les microfarads avant de calculer l'inductance.

Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

Q : Comment déterminer quelle espèce phosphatée prédomine à un pH donné ?

Comparer le pH aux pKa successifs des couples phosphatés. Entre deux pKa, la forme intermédiaire correspondante prédomine ; aux frontières, les deux espèces du couple sont en proportions égales.

Q : Quelle relation utiliser pour passer de la période à l'inductance du circuit RLC ?

Utiliser $T_0 = 2\pi\sqrt{(LC)}$, puis isoler L : $L = T_0^2/(4\pi^2C)$. Convertir d'abord T_0 en secondes et C en farads pour obtenir L en henrys.

Q : Comment organiser son temps lorsqu'une question demande un calcul avec plusieurs conversions ?

Relever les données et leurs unités, écrire la relation littérale, convertir les grandeurs dans des unités cohérentes, puis calculer. Garder du temps pour vérifier les ordres de grandeur et les unités finales.

Q : Que faut-il présenter pour justifier une réponse fondée sur un diagramme de Pourbaix ?

Indiquer le pH étudié, repérer le potentiel pertinent, puis identifier le domaine de stabilité correspondant. Pour conclure sur une oxydation par l'air, comparer aussi la frontière du couple considéré à celle de l'eau.

Sujet officiel associé (PDF) : https://btsme.fr/assets/annales/bts-me/E3.2 - Physique - Chimie/2008/BTS ME - E3.2 - Physique - Chimie - Session 2008 - 1-Sujet.pdf

Ressources BTS Métiers de l : Toutes les annales & corrigés • Fiches de révision complètes • Simulateur de notes d'examen

Copyright © 2027 FormaV®. Tous droits réservés.

FormaV® est une marque déposée auprès de l'INPI sous le numéro 5227897.

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.