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 2018

_____

Durée : 2 heures
Coefficient : 2,5

_____

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

L'usage de tout modèle de calculatrice, avec ou sans mode examen, est autorisé.

Tout autre matériel est interdit.

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Le sujet comporte 7 pages, numérotées de 1/7 à 7/7.

L'ozone : agent de dépollution et de désinfection des eaux potables

Partie 1 - L'ozonation (16 points)

L'ozone est utilisé pour le traitement de l'eau potable et des eaux de certaines piscines municipales. Produit à la demande, il réduit fortement les exigences de stockage des produits chimiques sur site. L'avantage particulier de l'ozone réside dans son mode d'action écologique. Les substances chimiques polluantes, colorées, odorantes et les microorganismes sont éliminés par oxydation, sans formation de produits dérivés chlorés et nocifs. L'ozone lui-même se décompose en dioxygène.

Données à 25°C :

- numéro atomique :
  Oxygène O : Z = 8 ;
  Manganèse Mn : Z = 25 ;
- $\frac{R.T}{F}\ln x = 0{,}06.\log x$;
- potentiel standard : $E°(O_2/H_2O) = 1{,}23V$;
- produit de solubilité : $K_s(Mn(OH)_2) = 2{,}0.10^{-13}$;
- produit ionique de l'eau : $K_e = 10^{-14}$.

1. L'élément oxygène

1.1. L'oxygène existe sous la forme de trois isotopes de nombre de masse respectifs 16, 17 et 18.

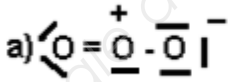
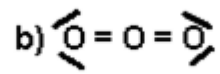
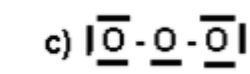
Rappeler la définition du terme « isotope ».

1.2. Le plus important des corps purs simples formés avec l'oxygène est le dioxygène O_2.

Proposer la représentation de Lewis de cette molécule.

1.3. L'ozone ou trioxygène, est une molécule triatomique formée de trois atomes d'oxygène et donc de formule chimique O_3.

1.3.1. Indiquer parmi les formules de Lewis proposées ci-dessous celle qui correspond à la molécule d'ozone.

a)  b)  c) 

1.3.2. À l'aide de la méthode VSEPR, **en déduire** sa géométrie en justifiant la réponse.

2. Traitement de l'eau par l'ozone

Le manganèse, abondant à l'état naturel dans tous types de roche, se retrouve à l'état dissous, sous forme d'ions manganèse $Mn^{2+}(aq)$, dans bon nombre d'eaux naturelles. Le manganèse ne présente pas de danger pour la santé mais il donne à l'eau un goût désagréable et une couleur brune. Pour éliminer les ions manganèse $Mn^{2+}(aq)$, l'oxydation par l'ozone peut être une solution efficace.

2.1. Donner la configuration électronique de l'atome de manganèse dans son état fondamental.

2.2. En déduire la configuration électronique de l'ion manganèse Mn^{2+}.

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

Le diagramme potentiel-pH simplifié du manganèse est représenté pour une concentration molaire en manganèse égale à $1{,}0.10^{-2}$ mol.L^{-1}. Les espèces du manganèse pouvant être présentes dans l'eau sont les suivantes : Mn(s), les ions manganèse $Mn^{2+}(aq)$ et $Mn^{3+}(aq)$, les hydroxydes de manganèse $Mn(OH)_2(s)$ et $Mn(OH)_3(s)$.
Les droites frontières des couples : $O_2(g)$ / $H_2O(\ell)$, $H_2O(\ell)$ / $H_2(g)$ et $O_3(g)$ / $O_2(g)$ sont représentées sur le diagramme.

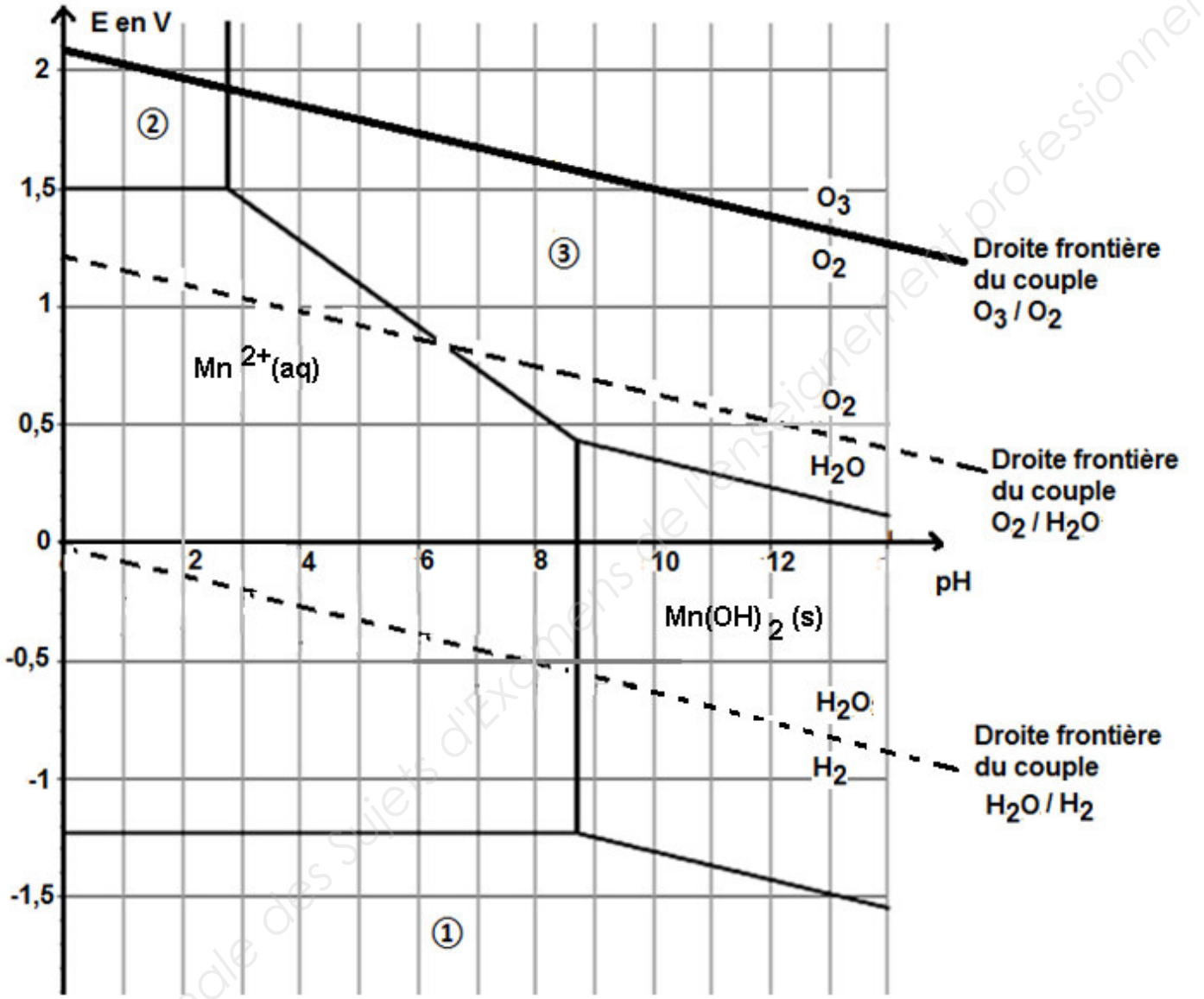


Diagramme potentiel-pH simplifié de l'élément manganèse

2.3. Donner le nombre d'oxydation de l'élément manganèse dans les cinq espèces pouvant être présentes dans l'eau.

2.4. Attribuer l'espèce du manganèse correspondant à chacun des domaines numérotés de ① à ③.

2.5. Donner la demi-équation rédox associée au couple $O_2(g)$ / $H_2O(\ell)$ puis en utilisant la formule de Nernst, **écrire** l'équation de la droite frontière séparant les domaines de $O_2(g)$ et de $H_2O(\ell)$, pour une pression en dioxygène égale à 1 bar.

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

2.6. D'après le diagramme potentiel-pH**, discuter** de la stabilité de $Mn^{2+}(aq)$ dans l'eau, en milieu acide.

2.7. **Déterminer** à l'aide du diagramme potentiel-pH la valeur du pH de précipitation du dihydroxyde de manganèse $Mn(OH)_2(s)$ et **écrire** l'équation de la réaction.

2.8. **Retrouver** par le calcul le pH de début de précipitation de $Mn(OH)_2(s)$ pour une concentration molaire égale à $1{,}0.10^{-2} mol.L^{-1}$ en ions $Mn^{2+}(aq)$.

2.9. L'ozone peut oxyder les ions Mn^{2+} à pH égal à 7. **Justifier** cette affirmation par une lecture du diagramme potentiel-pH.

2.10. Au cours de cette oxydation des ions Mn^{2+} par l'ozone à pH égal à 7, il se forme un précipité de trihydroxyde de manganèse $Mn(OH)_3(s)$**. Identifier** les deux couples en présence, **écrire** leur demi-équation rédox et en **déduire** l'équation-bilan de cette oxydation.

2.11. La coloration brune de l'eau est due à la présence de dioxyde de manganèse $MnO_2(s)$.

2.11.1. **Déterminer** le nombre d'oxydation de l'élément manganèse dans le dioxyde de manganèse $MnO_2(s)$.

2.11.2. **Écrire** la demi équation qui traduit l'oxydation de $Mn^{2+}(aq)$ en $MnO_{2(s)}$.

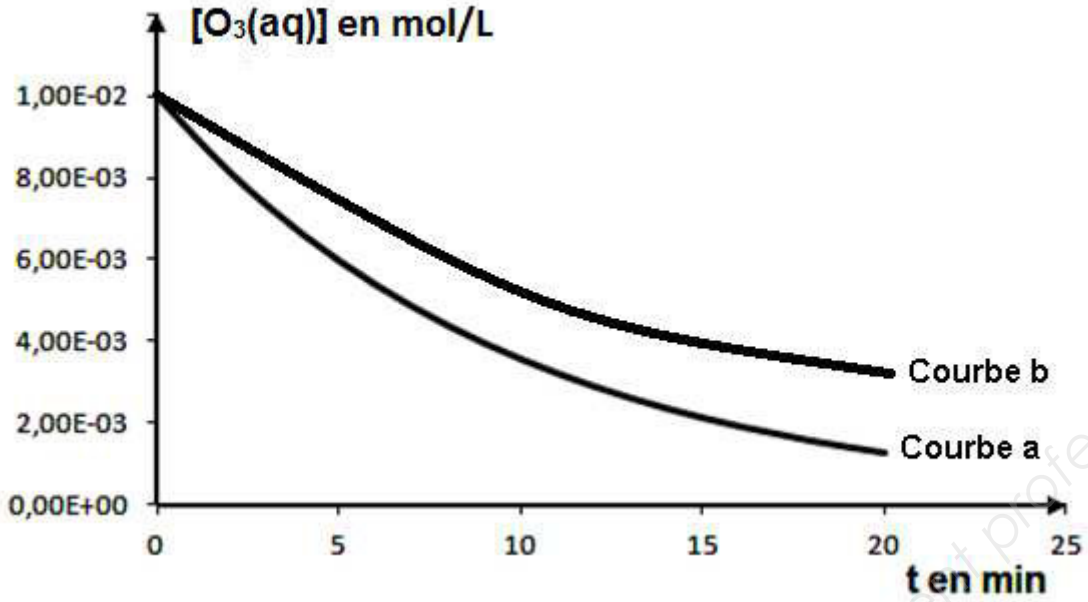
3. Étude cinétique de la décomposition de l'ozone en solution aqueuse

En solution aqueuse, l'ozone se décompose selon la réaction d'équation :

$$2\ O_3(aq) = 3\ O_2(aq)$$

Une étude cinétique, à température T égale à 20°C, a permis de tracer expérimentalement les courbes de la concentration molaire en ozone dissous **$[O_3(aq)]$** en fonction du temps noté t pour une eau de pH égal à 7. La courbe (a) traduit les résultats de l'expérience menée en présence de charbon actif et la courbe (b) en l'absence de charbon actif.

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



3.1. En analysant la courbe (a), **comparer**, sans faire de calcul, les vitesses de décomposition de l'ozone aux dates t_1 et t_2. On prend : $t_1 = 0$ min ; $t_2 = 15$ min.

3.2. Par définition le temps de demi-réaction, noté $t_{1/2}$ (mesuré en minutes) correspond à la durée au bout de laquelle la concentration en réactif restant est égale à la moitié de la concentration initiale. **Déterminer** graphiquement sa valeur pour chacune des conditions expérimentales pour les courbes (a) et (b) de décomposition de l'ozone.

3.3. À l'aide des courbes et/ou des résultats obtenus précédemment, **préciser** le rôle du charbon actif. **Proposer** une explication.

4. Désinfection de l'eau

La désinfection de l'eau consiste à la purifier de toute présence de bactéries jusqu'à ce qu'elle ne puisse plus causer de maladie infectieuse chez les humains.
On utilise l'ozone pour désinfecter les eaux de consommation et les rendre potables.
Grâce à son pouvoir oxydant élevé, l'ozone oxyde les composants de la paroi des cellules bactériennes.
La membrane cellulaire est constituée de phospholipides qui sont des molécules présentant une tête hydrophile **(parties 1, 2 et 3)** et deux chaînes hydrocarbonées lipophiles **(parties 4 et 5)** dont l'une possède une double liaison éthylénique comme le montre l'exemple d'un phospholipide dont la formule est représentée sur la **figure 1.**

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

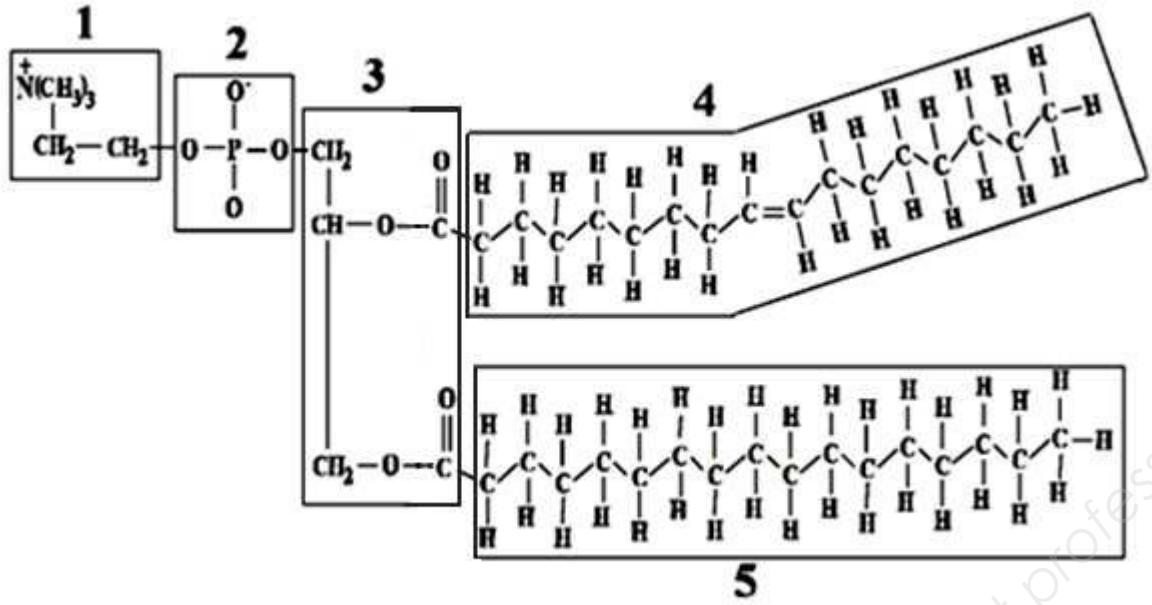


Figure 1 - Formule d'un phospholipide

On s'intéresse plus particulièrement à la double liaison éthylénique de la partie 4 de la molécule. Aussi, on utilise la représentation simplifiée du phospholipide de la **figure 2** ou **R** est un groupement différent de H**.**

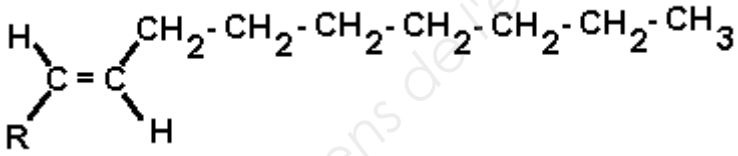


Figure 2 – Formule simplifiée du phospholipide

4-1- **Indiquer** le type d'isomérie à laquelle ce composé donne lieu. **Préciser** lequel des isomères est représenté dans la formule de la **figure 2.**

4-2- L'ozonolyse suivie d'une hydrolyse réductrice en présence de zinc (Zn) et en milieu acide détruit la membrane cellulaire et conduit à la formation de deux dérivés carbonylés.

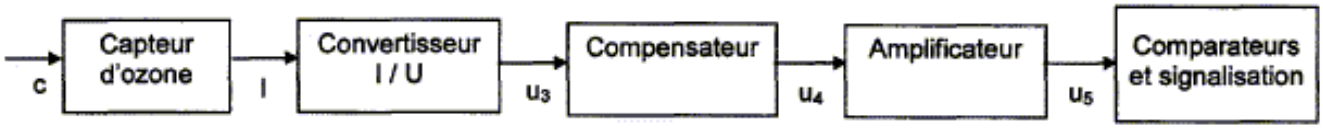
4-2-1. Donner le nom de la famille à laquelle appartiennent les deux composés obtenus.

4-2-2. Donner la formule semi-développée et le nom de l'unique produit identifiable.

Partie 2 - Mesure de la concentration d'ozone (4 points)

Un dispositif électronique permet la mesure de la concentration massique notée C de l'ozone dissous dans l'eau. Il est composé d'un capteur (modélisé par un générateur de courant idéal d'intensité I) et de trois modules (convertisseur, compensateur, amplificateur) incluant des amplificateurs opérationnels.

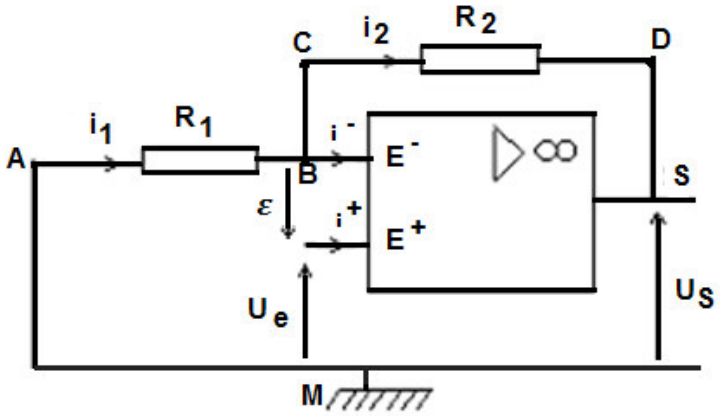
Ce dispositif se décompose selon le schéma suivant :



Document de travail de sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

L'étude porte uniquement sur le module amplificateur.

Schéma de montage du module amplificateur



1. Dans ce montage, l'amplificateur opérationnel, supposé idéal, fonctionne en régime linéaire.
   1.1. **Rappeler** la condition pour que l'amplificateur opérationnel soit considéré comme idéal.
   1.2. **Donner** la valeur de ε lorsque l'amplificateur opérationnel fonctionne en régime linéaire.
2. On exprime la tension d'entrée, en volt, selon la relation :
   Ue = C×10^{-3}, avec C, la concentration massique en ozone mesurée en µg.m^{-3}. On souhaite obtenir une tension de sortie Us égale à 1,8V lorsque la concentration massique en ozone est égale à 90 µg.m^{-3}.
   Montrer que la valeur de l'amplification en tension dans ce cas est égale à 20.

3. **Écrire** la loi des mailles (ou loi d'additivité des tensions) :
   3.1. dans la maille MABE+M ;
   3.2. dans la maille ME+BSM.

4. **Écrire** la loi des nœuds en B.

5. À l'aide des relations précédentes, **montrer** que la tension de sortie Us et la tension d'entrée Ue sont reliées par la relation suivante :

$$Us = Ue \times \left(\frac{R_1 + R_2}{R_1} \right)$$

6. **Calculer** la valeur de la résistance R_2. On donne : R_1 = 4,7 kΩ.

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