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 consulter tous nos sujets d'annales et corrigés du BTS Bioqualité, veuillez visiter :
btsbioqualite.fr/annales-sujets-et-corriges

BTS BIOQUALITÉ • CORRIGÉ DÉTAILLÉ

U22 - Sciences physiques

Session 2012 • Code sujet : **QAPHY** • Durée : **2 heures** • Coefficient : **3**

Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement

1. **Oxydation du fer par l'ozone** (6 questions) — **Page 3**
2. **Mesure de pH** (4 questions) — **Page 5**
3. **Décantation et sédimentation des particules** (6 questions) — **Page 7**
4. **Dosage des nitrates par spectrophotométrie** (4 questions) — **Page 12**
5. **Substance organique : 1,2-dichloropropane** (4 questions) — **Page 15**
6. **Ce qu'il faut retenir & Questions fréquentes (FAQ)** (Synthèse & Q&A Examen) — **Page 17**

Sujet officiel (PDF) : https://btsbioqualite.fr/assets/annales/bts-bioqualite/E2.2 - Physique-chimie/2012/BTS Bioqualité - E2.2 - Physique-chimie - Session 2012 - 1-Sujet.pdf

1. Oxydation du fer par l'ozone

Dans une station d'eau potable, l'ozone doit oxyder les ions fer(II) dissous pour former un précipité d'hydroxyde de fer(III), ensuite filtré. Les questions mobilisent les couples rédox, la relation de Nernst et le diagramme potentiel-pH du fer.

Question 1.1. Écrire en milieu acide la demi-équation électronique du couple rédox $O_3(aq)/O_2(aq)$.

On équilibre les atomes et les charges en milieu acide :

$$\mathrm{O_3(aq) + 2H^+(aq) + 2e^- \rightarrow O_2(aq) + H_2O(l)}$$

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $\mathrm{O_3 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow O_2 + H_2O}$

Question 1.2. Exprimer à 298 K le potentiel de Nernst du couple $O_3(aq)/O_2(aq)$, puis indiquer s'il dépend du pH et justifier.

Pour la demi-équation $\mathrm{O_3 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow O_2 + H_2O}$, la relation de Nernst à 298 K donne :

$$E = 2{,}07 + \frac{0{,}06}{2}\log\left(\frac{[\mathrm{O_3}][\mathrm{H^+}]^2}{[\mathrm{O_2}]}\right)\ \mathrm{V}.$$

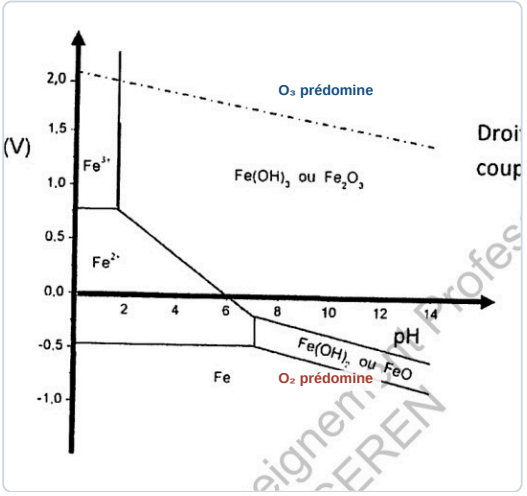
Le potentiel dépend du pH puisque $[\mathrm{H^+}] = 10^{-\mathrm{pH}}$. Si $[\mathrm{O_3}] = [\mathrm{O_2}]$, alors $E = 2{,}07 - 0{,}06\,\mathrm{pH}$ V.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $E = 2{,}07 + 0{,}03\log\left(\frac{[\mathrm{O_3}][\mathrm{H^+}]^2}{[\mathrm{O_2}]}\right)$ V. Il dépend du pH.

Question 1.3. À l'aide de la droite frontière du couple O_3/O_2 tracée sur le diagramme potentiel-pH du fer en annexe 1, faire apparaître les zones de prédominance de l'oxydant et du réducteur.

La droite frontière sépare les domaines de prédominance du couple. Au-dessus, aux potentiels les plus élevés, l'oxydant $\mathrm{O_3}$ prédomine ; au-dessous, c'est le réducteur $\mathrm{O_2}$. Sur la droite, les deux espèces sont en proportions égales selon la convention du sujet.

Domaines de prédominance du couple O_3/O_2



✓ RÉPONSE À RETENIR

Au-dessus de la droite : O_3 prédomine. Au-dessous : O_2 prédomine.

Question 1.4. Indiquer si l'ozone peut oxyder les ions fer(II) Fe^{2+} et justifier. Expliquer pourquoi l'ozone est qualifié de puissant oxydant.

Oui. Le potentiel de la frontière du couple O_3/O_2 est supérieur à celui du couple du fer sur le diagramme : l'ozone peut donc oxyder Fe^{2+} en fer(III), ensuite précipité sous forme de $Fe(OH)_3$. Son potentiel standard élevé, $E^\circ = 2{,}07\,V$, traduit sa forte tendance à capter des électrons et explique qu'il soit qualifié de puissant oxydant.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Oui, O_3 oxyde Fe^{2+} en fer(III). Son potentiel standard élevé $E^\circ = 2{,}07\,V$ en fait un puissant oxydant.

Question 1.5. Écrire en milieu acide la demi-équation électronique du couple $Fe(OH)_3(s)/Fe^{2+}(aq)$.

Le fer(III) de $Fe(OH)_3$ gagne un électron pour être réduit en fer(II). L'équation équilibrée en milieu acide est :

$$Fe(OH)_3(s) + 3H^+(aq) + e^- \rightarrow Fe^{2+}(aq) + 3H_2O(l)$$

✓ RÉPONSE À RETENIR

$$Fe(OH)_3(s) + 3H^+ + e^- \rightarrow Fe^{2+} + 3H_2O(l)$$

Question 1.6. Écrire l'équation de la réaction d'oxydoréduction entre les ions fer(II) $Fe^{2+}(aq)$ et l'ozone $O_3(aq)$.

On inverse la demi-équation du fer et on la multiplie par deux, puis on l'additionne à la réduction de l'ozone. Après simplification des électrons et des ions H^+, on obtient l'équation équilibrée :

$$2Fe^{2+}(aq) + O_3(aq) + 5H_2O(l) \rightarrow 2Fe(OH)_3(s) + O_2(aq) + 4H^+(aq)$$

✓ RÉPONSE À RETENIR

$$2Fe^{2+} + O_3 + 5H_2O \rightarrow 2Fe(OH)_3 + O_2 + 4H^+$$

2. Mesure de pH

Avant la floculation, le pH de l'eau après ozonation doit être mesuré et comparé à l'intervalle recommandé de 8,4 à 8,9. Le pH-mètre produit une tension traitée par un amplificateur opérationnel en montage sommateur inverseur.

Question 2.1. À partir de la relation donnée entre Vs, E, R, R_1 et R_2, justifier l'appellation de montage « sommateur inverseur ».

La relation donnée est $V_s = -R\left(\frac{V_e}{R_1} + \frac{E}{R_2}\right)$. Les deux tensions d'entrée contribuent à une somme, pondérée par les résistances : le montage est un **sommateur**. Le signe négatif inverse le signe de cette somme : le montage est **inverseur**.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Les tensions d'entrée sont sommées et la sortie est inversée : sommateur inverseur.

Question 2.2. Sachant que Vs = 6,9 V, déterminer la tension Ve et en déduire le pH mesuré à l'aide de la relation fournie entre Ve et le pH.

Avec $R/R_1 = 17$ et $R/R_2 = 17/25$, la relation devient $6{,}9 = -17\,(V_e - 10/25)$. Ainsi, $V_e = 10/25 - 6{,}9/17 = -0{,}0059\,\text{V}$. D'après $V_e = -0{,}06\,pH + 0{,}40$, on obtient $pH = (0{,}40 - V_e)/0{,}06 \approx 6{,}8$.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $V_e \approx -5{,}9\,\text{mV}$; $pH \approx 6{,}8$.

Question 2.3. Indiquer l'intérêt du montage utilisé.

Le montage amplifie la tension de l'électrode et lui ajoute un décalage lié à la source E. Il conditionne ainsi le signal pour fournir une sortie adaptée à l'affichage numérique du pH.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Il amplifie et décale le signal de l'électrode pour permettre l'affichage numérique du pH.

Question 2.4. Conclure sur la qualité du pH de l'eau pour la floculation qui doit suivre.

Critère	Valeur
pH mesuré	$6{,}8$
Intervalle requis pour la floculation	$[8{,}4\ ;\ 8{,}9]$

Le pH mesuré est inférieur à la limite requise : il faut l'augmenter avant la floculation.

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

Le pH est trop faible : l’eau doit être corrigée à une valeur comprise entre 8,4 et 8,9.

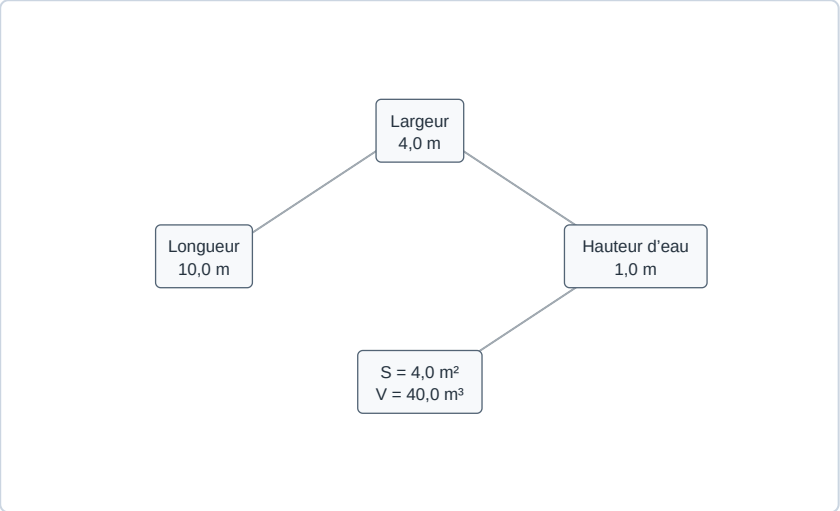
3. Décantation et sédimentation des particules

Après ajustement du pH et floculation, l'eau traverse un bassin rectangulaire où les particules en suspension doivent se déposer sous l'effet de la gravité. Les dimensions du bassin, le débit et la loi de Stokes permettent d'étudier le temps de séjour, les vitesses et le diamètre minimal des particules sédimentées.

Question 3.1. Calculer la section et le volume du bassin de décantation à partir de ses dimensions.

La section verticale de passage de l'eau est rectangulaire : elle vaut largeur × hauteur d'eau. Le volume du bassin est ensuite cette section multipliée par sa longueur. Avec les dimensions du sujet, $S = 4,0 \times 1,0$ et $V = S \times 10,0$.

Dimensions et résultats géométriques du bassin



Dimensions données et résultats géométriques du bassin.

✓ RÉPONSE À RETENIR

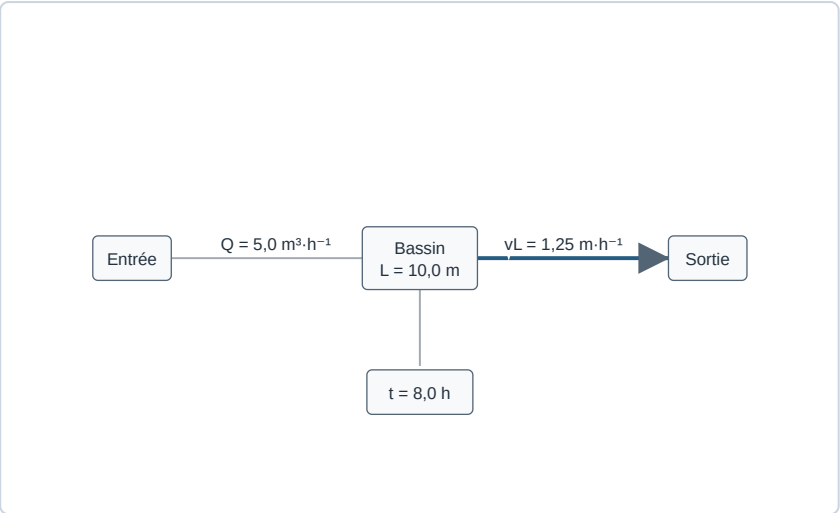
Section verticale : 4,0 m² ; volume : 40,0 m³.

Question 3.2. Déterminer la durée moyenne de séjour d'un élément du fluide dans le bassin ainsi que la vitesse horizontale d'écoulement du liquide.

Le bassin contient $40,0\ \mathrm{m^3}$ et le débit est $5,0\ \mathrm{m^3 \cdot h^{-1}}$. La durée moyenne est $t = V/Q$. La section verticale traversée par l'écoulement vaut $4,0 \times 1,0 = 4,0\ \mathrm{m^2}$, donc la vitesse horizontale est $v_L = Q/S$.

Grandeur	Calcul	Résultat
Durée de séjour	$40,0/5,0$	$8,0\ \mathrm{h}$
Vitesse horizontale	$5,0/(4,0 \times 1,0)$	$1,25\ \mathrm{m\cdotp h^{-1}}$

Écoulement et durée de séjour



Sens d'écoulement du liquide et durée moyenne dans le bassin.

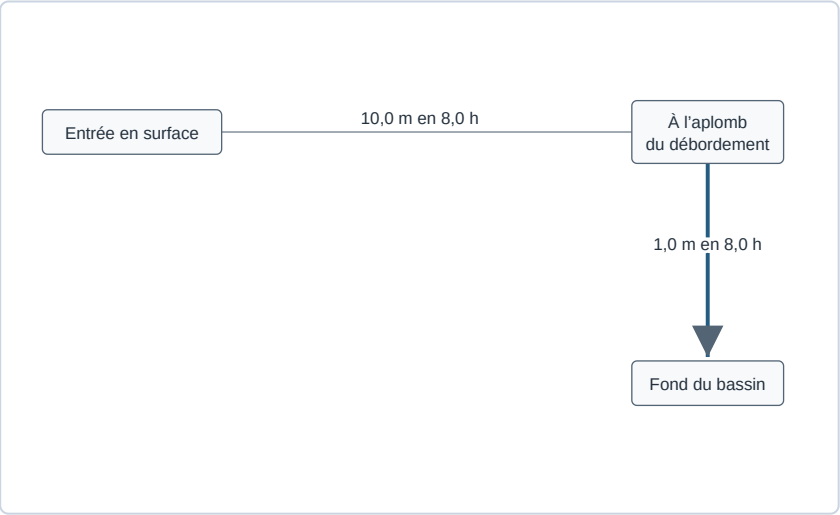
✓ RÉPONSE À RETENIR

Durée de séjour : 8,0 h ; vitesse horizontale : 1,25 m·h⁻¹.

Question 3.3. Calculer la vitesse limite de sédimentation nécessaire pour qu'une particule atteigne le fond à l'aplomb du débordement, après avoir parcouru 10,0 m horizontalement et 1,0 m verticalement dans la même durée.

La particule doit parcourir les $10,0\ \text{m}$ de longueur pendant le temps de séjour, soit $8,0\ \text{h}$. Pour atteindre le fond à l'aplomb du débordement, elle descend de $1,0\ \text{m}$ pendant ce même temps. La vitesse verticale limite est donc la distance verticale divisée par la durée : $v_{s,lim} = 1,0 / 8,0$.

Trajet limite de la particule



Les déplacements horizontal et vertical s'effectuent pendant la même durée.

✓ RÉPONSE À RETENIR

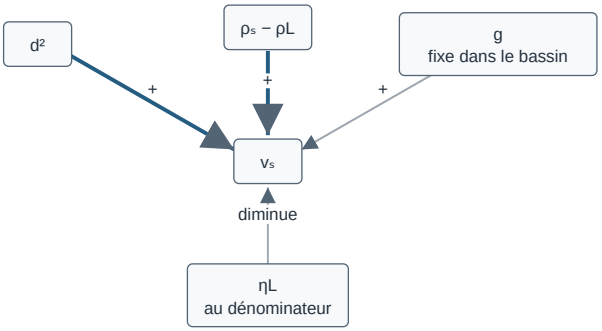
Vitesse limite de sédimentation : 0,125 m·h⁻¹.

Loi de Stokes

Question 3.4.a. D'après la loi de Stokes, indiquer les paramètres qui permettent d'augmenter la vitesse de sédimentation.

La loi de Stokes est $v_s = \dfrac{d^2(\rho_s - \rho_L)g}{18\eta_L}$. La vitesse augmente avec les facteurs du numérateur et diminue lorsque le facteur au dénominateur augmente. Dans ce bassin, on peut donc favoriser la sédimentation en augmentant le diamètre des particules ou l'écart entre leurs masses volumiques et celle de l'eau. La pesanteur intervient aussi dans la relation, mais elle est fixe ici.

Facteurs de la vitesse selon Stokes



Sens de variation des paramètres de la loi de Stokes.

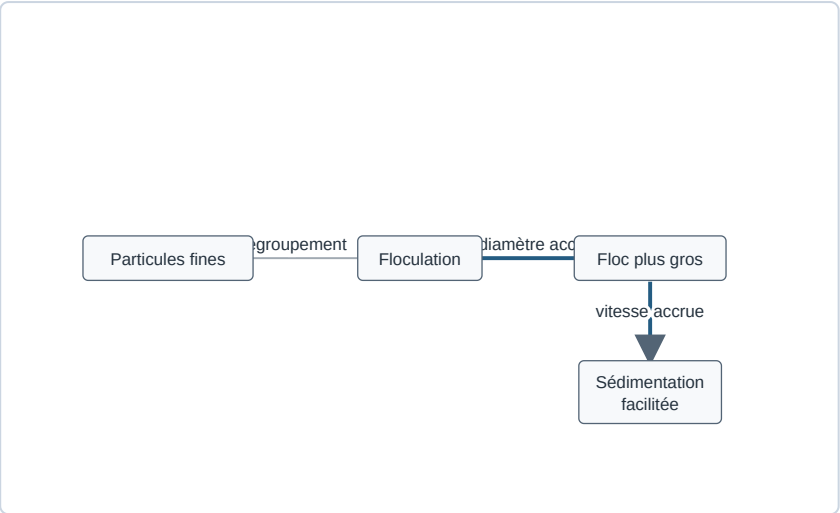
> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Augmenter d et $\rho_s - \rho_L$, diminuer η_L ; g est fixe dans le bassin.

Floculation

Question 3.4.b. Indiquer l'intérêt de la floculation.

La floculation rassemble les particules fines en agrégats plus gros, appelés flocs. Leur diamètre augmente, ce qui accroît leur vitesse de sédimentation selon la loi de Stokes, où la vitesse est proportionnelle au carré du diamètre. Les flocs se déposent donc plus facilement au fond du bassin et peuvent être séparés de l'eau.

Effet de la floculation sur les particules



Les agrégats formés par floculation se déposent plus facilement.

✓ RÉPONSE À RETENIR

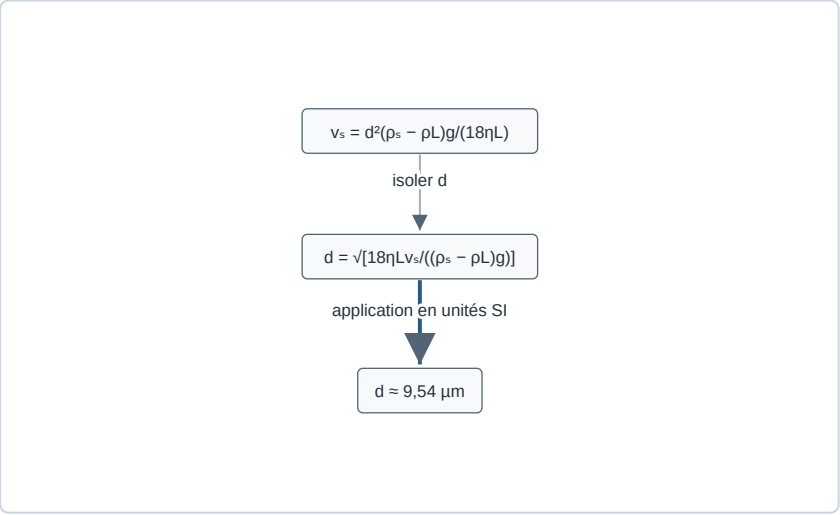
La floculation forme des flocs plus gros, qui sédimentent plus rapidement.

Diamètre minimal

Question 3.4.c. Exprimer, puis calculer le diamètre minimal des particules qui seront sédimentées dans le bassin, en utilisant la vitesse limite donnée et la loi de Stokes fournie.

On isole le diamètre dans la loi de Stokes : $d = \sqrt{\dfrac{18\eta_L v_{s,lim}}{(\rho_s - \rho_L)g}}$. En unités SI, $v_{s,lim} = 0,125/3600 = 3,47 \times 10^{-5}\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$ et $\rho_s - \rho_L = 1700 - 1000 = 700\ \mathrm{kg\cdot m^{-3}}$. En utilisant $\eta_L = 10^{-3}\ \mathrm{Pa\cdot s}$ et $g = 9,81\ \mathrm{m\cdot s^{-2}}$, on obtient le diamètre minimal.

Calcul du diamètre minimal sédimenté



Réarrangement de la loi de Stokes et résultat numérique.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Diamètre minimal sédimenté : $d \approx 9,54 \times 10^{-6}\ \text{m} = 9,54\ \mu\text{m}$.

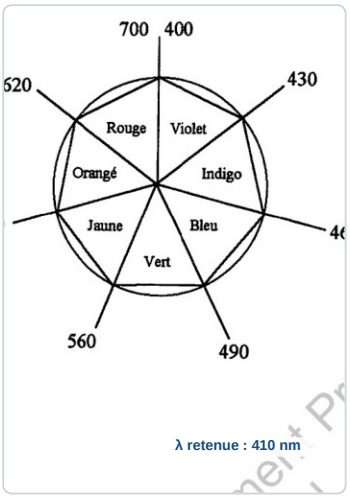
4. Dosage des nitrates par spectrophotométrie

Le laboratoire de la station contrôle les nitrates d'un échantillon d'eau après traitement à l'aide d'une gamme étalon préparée à partir de nitrate d'ammonium. Il faut choisir la longueur d'onde, exploiter la courbe d'étalonnage et comparer la concentration mesurée à la limite de 50 mg·L⁻¹.

Question 4.1. Compte tenu de la coloration jaune des solutions, choisir parmi 410 nm, 520 nm, 560 nm, 630 nm et 750 nm la longueur d'onde de travail et justifier à l'aide de l'annexe 3.

Une solution jaune transmet principalement les radiations jaunes et absorbe davantage sa couleur complémentaire, située dans le violet. L'annexe 3 associe le violet aux longueurs d'onde proches de 400 à 430 nm. Parmi les valeurs proposées, 410 nm se trouve dans cette zone : c'est la longueur d'onde de travail à retenir pour mesurer l'absorbance des solutions colorées.

Longueur d'onde retenue



✓ **RÉPONSE À RETENIR**

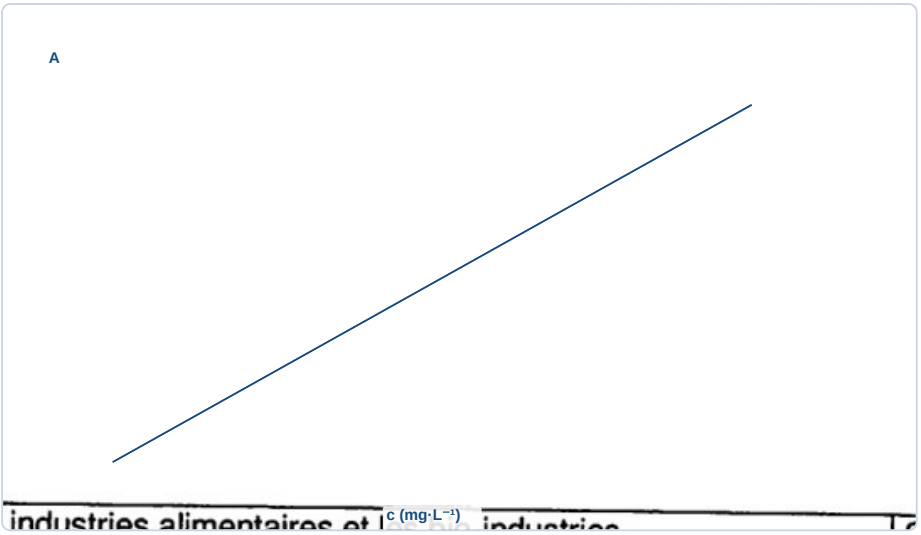
Longueur d'onde de travail : 410 nm.

Courbe d'étalonnage

Question 4.2 a). Compléter la figure de l'annexe 4 avec les axes et la courbe afin de présenter correctement le graphique d'étalonnage des absorbances de la solution mère et des solutions S_1 à S_4.

Sur l'annexe 4, l'absorbance *A* est portée en ordonnée et la concentration massique des solutions étalons en abscisse. Les points correspondent aux concentrations 0, 10, 25, 50, 80 et 100 mg·L^{-1}. Ils suivent une évolution linéaire croissante : tracer la droite d'étalonnage au plus près des points et passant par l'origine, puisque l'absorbance a été réglée à zéro pour l'eau pure.

Axes et droite d’étalonnage



✓ RÉPONSE À RETENIR

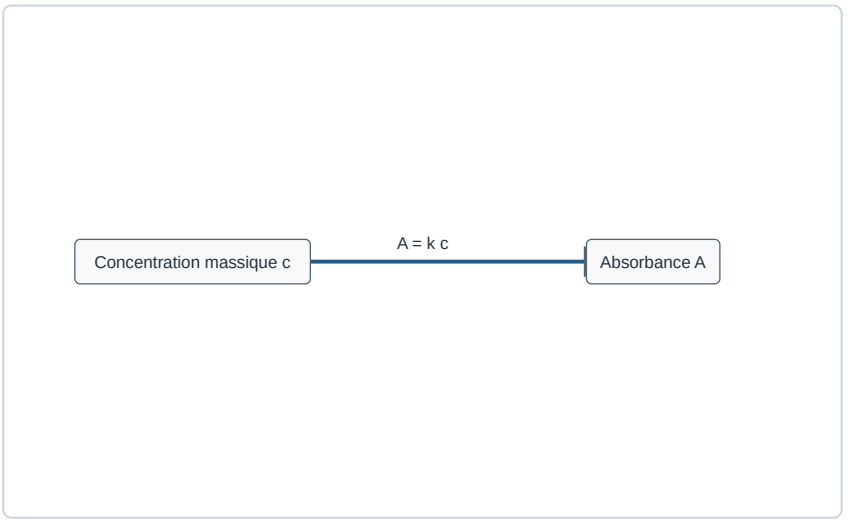
Abscisse : concentration massique des étalons (mg·L^{-1}). Ordonnée : absorbance *A*. Tracer une droite passant par l’origine.

Loi vérifiée

Question 4.2 b). Indiquer la loi vérifiée par la courbe et l'énoncer en précisant le nom et le symbole des grandeurs concernées.

La droite d’étalonnage vérifie la loi de Beer-Lambert. À longueur d’onde et épaisseur de cuve fixées, l’absorbance *A* est proportionnelle à la concentration massique *c* de l’espèce absorbante. On écrit $A = kc$, où k est une constante pour les conditions de mesure ; la loi s’écrit aussi $A = \varepsilon \ell c$, avec ε le coefficient d’absorption et ℓ l’épaisseur traversée.

Loi de Beer-Lambert



Proportionnalité à longueur d’onde et épaisseur de cuve fixées.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Loi de Beer-Lambert : $A = \varepsilon \ell c$. À conditions fixées, A est proportionnelle à c.

Concentration et potabilité

Question 4.2 c). Pour une absorbance de 0,50 mesurée sur l'échantillon de la station, déterminer la concentration en ions nitrate, puis conclure sur la potabilité de l'eau au regard de la norme indiquée.

Sur la droite, A = 0,50 correspond à environ 33 mg·L^{-1} de nitrate d'ammonium, valeur lue sur la gamme préparée avec ce sel. La fraction massique du nitrate dans NH_4NO_3 vaut 62/80 ; la concentration en ions nitrate est donc environ 33 × 62/80 = 26 mg·L^{-1}. Cette valeur reste inférieure à la limite de 50 mg·L^{-1}.

Lecture graphique et conversion en ions nitrate



✓ RÉPONSE À RETENIR

$c(NO_3^-) \approx 26$ mg·L^{-1} : la teneur respecte la limite de 50 mg·L^{-1}.

5. Substance organique : 1,2-dichloropropane

Un prélèvement révèle la présence de 1,2-dichloropropane, composé toxique dont la teneur dans l'eau potable ne doit pas dépasser 20 µg·L^{-1} selon le sujet. Les questions portent sur sa formule, sa formation par chloration du propane et l'activité optique de ses isomères.

Question 5.1. Écrire la formule semi-développée du 1,2-dichloropropane.

La chaîne du propane comporte trois atomes de carbone. Les chlore sont fixés sur les carbones 1 et 2.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> CH_3-$CHCl$-CH_2Cl

Réaction de chloration

Question 5.2 a). Écrire l'équation de la réaction de chloration du propane par le dichlore, sachant qu'il se forme du 1,2-dichloropropane et du chlorure d'hydrogène.

La substitution de deux atomes d’hydrogène par deux atomes de chlore consomme deux molécules de dichlore. L’équation est équilibrée en carbone, hydrogène et chlore.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> CH_3-CH_2-CH_3 + 2 Cl_2 → CH_3-$CHCl$-CH_2Cl + 2 HCl

Isomères

Question 5.2 b). Donner les formules semi-développées de tous les isomères du 1,2-dichloropropane susceptibles d'être formés par cette réaction, puis les nommer.

Les deux atomes de chlore peuvent être fixés sur un même carbone ou sur deux carbones différents. Les quatre isomères de constitution possibles sont :

Formule semi-développée	Nom
CH_3-CH_2-$CHCl_2$	1,1-dichloropropane
CH_3-$CHCl$-CH_2Cl	1,2-dichloropropane
$ClCH_2$-CH_2-CH_2Cl	1,3-dichloropropane
CH_3-CCl_2-CH_3	2,2-dichloropropane

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> 1,1-, 1,2-, 1,3- et 2,2-dichloropropane.

Activité optique

Question 5.2 c). Identifier l'isomère du 1,2-dichloropropane obtenu par chloration du propane qui présente une activité optique et justifier.

Dans le 1,2-dichloropropane, le carbone 2 est lié à quatre groupes différents : H, Cl, CH_3 et CH_2Cl. Il s'agit d'un carbone asymétrique, donc la molécule existe en deux énantiomères optiquement actifs. La chloration d'un propane achiral forme normalement ces énantiomères en proportions égales : le mélange racémique n'a pas d'activité optique globale.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Le 1,2-dichloropropane possède un carbone asymétrique et existe sous deux formes optiquement actives.

Ce qu'il faut retenir de ce sujet (Session 2012)

Bilan de l'épreuve : Épreuve U22 de sciences physiques du BTS Qualité dans les industries alimentaires et les bio-industries, session 2012, code QAPHY, durée 2 heures, coefficient 3. Le sujet étudie le fonctionnement d'une station d'eau potable, de l'ozonation au contrôle des polluants. Il évalue les compétences en rédox, électronique, décantation, spectrophotométrie et chimie organique.

Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- À 298 K, le potentiel du couple O_3/O_2 dépend du pH, car sa demi-équation fait intervenir des ions H^+.
- Le temps de séjour moyen se calcule par $t = V/Q$; la vitesse horizontale est la distance parcourue divisée par cette durée.
- En régime laminaire, la loi de Stokes donne $v_s = d^2(\rho_s - \rho_l)g/(18\eta_l)$ pour une particule sphérique.
- La loi de Beer-Lambert relie l'absorbance A à la concentration C : A est proportionnelle à C dans les conditions de l'étalonnage.

Points de vigilance & attentes du jury

- Équilibrer les demi-équations rédox en milieu acide avec les électrons, H^+ et H_2O, puis vérifier la conservation des charges.
- Pour le bassin, convertir le débit et les vitesses dans des unités cohérentes avant les calculs.
- Sur la courbe d'étalonnage, nommer les axes, exploiter les points et lire la concentration correspondant à l'absorbance mesurée.
- Comparer les résultats aux limites données : nitrates 50 $mg \cdot L^{-1}$ et 1,2-dichloropropane 20 $\mu g \cdot L^{-1}$.

Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

Q : Comment calculer le temps de séjour et la vitesse horizontale dans le bassin ?

Calculez d'abord le volume du bassin et exprimez le débit dans des unités compatibles. Le temps moyen est $t = V/Q$, puis la vitesse horizontale s'obtient en divisant la longueur parcourue par cette durée.

Q : Comment utiliser la loi de Stokes pour trouver le diamètre minimal des particules ?

Partez de $v_s = d^2(\rho_s - \rho_l)g/(18\eta_l)$, puis isolez d : $d = \sqrt{(18\eta_l v_s/((\rho_s - \rho_l)g))}$. Convertissez la vitesse, les masses volumiques et la viscosité dans des unités cohérentes avant le calcul.

Q : Quelle durée et quel coefficient sont prévus, et comment organiser le temps ?

L'épreuve dure 2 heures et son coefficient est 3. Le sujet répartit ses points entre cinq exercices, mais ne fixe pas de durée par exercice. Repérez les questions calculatoires et gardez du temps pour vérifier vos unités.

Q : Quelles limites faut-il comparer aux résultats et que doit montrer la copie ?

Le sujet fixe une limite de 50 $mg \cdot L^{-1}$ pour les nitrates et de 20 $\mu g \cdot L^{-1}$ pour le 1,2-dichloropropane. Présentez les calculs avec les unités, puis formulez une conclusion explicite au regard de chaque seuil.

Sujet officiel associé (PDF) : https://btsbioqualite.fr/assets/annales/bts-bioqualite/E2.2 - Physique-chimie/2012/BTS Bioqualité - E2.2 - Physique-chimie - Session 2012 - 1-Sujet.pdf

Ressources BTS Bioqualité : 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.