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 ABM

E3 - U3 : Sciences physiques et chimiques

Session 2018 • Code sujet : **18ABE3SPC1** • Durée : **2 heures** • Coefficient : **2**

Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement

1. Le fer dans le plasma (4 questions) **Page 3**

2. Dosage du fer sérique par colorimétrie (6 questions) **Page 5**

3. Détection de la drépanocytose (6 questions) **Page 7**

4. Ce qu'il faut retenir & Questions fréquentes (FAQ) (Synthèse & Q&A Examen) **Page 10**

Sujet officiel (PDF) : https://btsabm.fr/assets/annales/bts-abm/E3 - Sciences physiques et chimiques/2018/BTS ABM - E3 - Sciences physiques et chimiques - Session 2018 - 1-Sujet.pdf

1. Le fer dans le plasma

L'exercice étudie la précipitation de l'hydroxyde de fer(III) dans une solution tamponnée à pH 7 contenant des ions ferriques à une concentration comparable à celle du plasma. Il examine ensuite le rôle de la transferrine et de sa constante de formation dans la complexation des ions ferriques.

Question Q1. Écrire la réaction de précipitation de l'hydroxyde de fer(III).

Le solide formé est l'hydroxyde de fer(III), de formule $\mathrm{Fe(OH)_3}$. En solution, les réactifs sont les ions ferriques $\mathrm{Fe^{3+}}$ et les ions hydroxyde $\mathrm{HO^-}$. Il faut trois ions hydroxyde par ion ferrique pour obtenir un solide électriquement neutre. L'équation de précipitation équilibrée s'écrit donc avec un ion ferrique et trois ions hydroxyde parmi les réactifs.

$\mathrm{Fe^{3+}_{(aq)} + 3\,HO^-_{(aq)} \rightarrow Fe(OH)_{3(s)}}$

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $\mathrm{Fe^{3+}_{(aq)} + 3\,HO^-_{(aq)} \rightarrow Fe(OH)_{3(s)}}$. Un ion ferrique réagit avec trois ions hydroxyde.

Question Q2. Donner l'expression du produit de solubilité de l'hydroxyde de fer(III) en fonction des concentrations mises en jeu.

Pour écrire le produit de solubilité, on considère l'équilibre de dissolution du précipité : $\mathrm{Fe(OH)_{3(s)} \rightleftharpoons Fe^{3+}_{(aq)} + 3\,HO^-_{(aq)}}$. Le solide pur n'intervient pas dans l'expression de la constante. En revanche, les concentrations des ions dissous y figurent, chacune élevée à la puissance de son coefficient stœchiométrique dans l'équation.

Ainsi, en fonction des concentrations mises en jeu, $K_s = [\mathrm{Fe^{3+}}][\mathrm{HO^-}]^3$.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $K_s = [\mathrm{Fe^{3+}}][\mathrm{HO^-}]^3$, avec les concentrations des ions dissous en $\mathrm{mol\,L^{-1}}$.

Question Q3. Montrer quantitativement qu'il était possible de prévoir la formation de l'hydroxyde de fer(III) dans la solution considérée.

À $\mathrm{pH} = 7$, $[\mathrm{H_3O^+}] = 10^{-7}\ \mathrm{mol\,L^{-1}}$. Le produit ionique de l'eau donne $[\mathrm{HO^-}] = K_e/[\mathrm{H_3O^+}] = 10^{-14}/10^{-7} = 10^{-7}\ \mathrm{mol\,L^{-1}}$. Avant précipitation, le produit ionique vaut donc $Q = [\mathrm{Fe^{3+}}][\mathrm{HO^-}]^3 = 2,0 \times 10^{-5}(10^{-7})^3 = 2,0 \times 10^{-26}$.

Comme Q dépasse largement $K_s = 4,0 \times 10^{-38}$, la solution est sursaturée et la formation du précipité était prévisible.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $Q = 2,0 \times 10^{-26} > K_s = 4,0 \times 10^{-38}$: la solution est sursaturée, donc la précipitation est prévue.

Question Q4. Justifier que, si elle est en quantité suffisante, la transferrine permet d'éviter la formation d'hydroxyde de fer(III). Aucun calcul n'est demandé et l'influence éventuelle de la température est à négliger.

La transferrine forme avec l'ion ferrique le complexe $[\mathrm{FeTr}]^{3+}$. Sa constante de formation, $K_f = 10^{24}$, indique que la complexation est très favorisée : en quantité suffisante, la transferrine fixe donc les ions ferriques dissous. La concentration en ions Fe^{3+} libres diminue alors fortement.

À pH constant, cette diminution abaisse le produit ionique $[\mathrm{Fe}^{3+}][\mathrm{HO}^{-}]^3$. Il peut ainsi rester inférieur au produit de solubilité K_s, ce qui empêche la formation du précipité d'hydroxyde de fer(III).

✓ RÉPONSE À RETENIR

La transferrine fixe les ions Fe^{3+}, réduit leur concentration libre et empêche ainsi le produit ionique d'atteindre le seuil de précipitation.

2. Dosage du fer sérique par colorimétrie

L'exercice s'appuie sur le Ferrimat-kit pour doser par colorimétrie le fer sérique du plasma, après libération des ions ferriques, réduction en ions fer(II) et formation d'un complexe coloré avec la ferrozine. Il porte sur le choix d'un tampon de pH 5, la relation de dosage fondée sur Beer-Lambert et l'interprétation de la concentration du patient.

Première partie : choix de la solution tampon

Question Q5. Donner les propriétés d'une solution tampon.

Une solution tampon contient les deux formes d'un même couple acide faible/base conjuguée, en quantités suffisantes. L'acide consomme les ions hydroxyde ajoutés, tandis que la base conjuguée consomme les ions oxonium ajoutés. Le pH varie donc peu lors d'ajouts modérés d'acide ou de base. Il varie également peu lors d'une dilution modérée, même si le pouvoir tampon diminue. Celui-ci est optimal lorsque les concentrations des deux formes du couple sont proches.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Le pH varie peu lors d'ajouts modérés d'acide ou de base et lors d'une dilution modérée.

Question Q6. Parmi les quatre solutions disponibles au laboratoire, citer en justifiant les deux nécessaires à la réalisation d'une solution tampon de pH 5, puis proposer un protocole expérimental sans effectuer de calcul.

Choisir l'acide éthanoïque et l'hydroxyde de sodium : la réaction partielle de l'acide faible avec les ions hydroxyde forme des ions éthanoate. On obtient ainsi le couple tampon CH_3COOH/CH_3COO^-. Son pK_a de 4,8 est proche du pH visé, égal à 5. L'ammoniaque et l'acide chlorhydrique ne conviennent pas aussi bien à ce pH.

1. Verser la solution d'acide éthanoïque dans un bécher et mesurer son pH.
2. Ajouter progressivement la solution d'hydroxyde de sodium en agitant, jusqu'à lire pH 5 au pH-mètre.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Utiliser l'acide éthanoïque et la soude, puis ajuster progressivement jusqu'à pH 5.

Deuxième partie : détermination de la concentration en fer sérique d'un patient

Question Q7. La ferrozine est un ligand noté L^{2-} à pH 5 et trois ligands sont nécessaires pour complexer un ion Fe^{2+}. Écrire l'équation de formation du complexe fer-ferrozine.

Trois ligands ferrozine L^{2-} s'associent à un ion Fe^{2+}. Le complexe comporte donc un ion fer et trois ligands. La charge totale des réactifs est égale à $2 - 3 \times 2 = -4$; le complexe porte cette même charge, puisque la charge électrique se conserve au cours de la réaction. L'équation de formation est :

$$\mathrm{Fe^{2+} + 3\,L^{2-} \longrightarrow [FeL_3]^{4-}}.$$

✓ RÉPONSE À RETENIR

$\mathrm{Fe^{2+} + 3\,L^{2-} \longrightarrow [FeL_3]^{4-}}$

Question Q8. La longueur d'onde de dosage est fixée à 562 nm, où l'absorbance du complexe est maximale. Énoncer une raison justifiant le choix de cette longueur d'onde comme longueur d'onde de travail.

À 562 nm, l'absorbance du complexe est maximale. D'après Beer-Lambert, la sensibilité de l'absorbance à la concentration dépend du coefficient d'absorption molaire. Celui-ci est maximal à cette longueur d'onde : une variation de concentration produit donc une variation d'absorbance plus grande qu'à une longueur d'onde moins absorbée. Le signal est ainsi plus sensible aux variations de concentration et le dosage plus précis.

✓ RÉPONSE À RETENIR

À 562 nm, la sensibilité du dosage est maximale, ce qui améliore la précision de la mesure.

Question Q9. En utilisant la loi de Beer-Lambert, établir la relation permettant de calculer la concentration en fer sérique du patient à partir des absorbances de l'échantillon, du blanc échantillon et de l'étalon, ainsi que de la concentration de l'étalon.

À longueur d'onde et cuve identiques, Beer-Lambert donne $A = \varepsilon l C$. Pour l'échantillon, le signal corrigé du blanc vérifie $A_{\text{éch}} - A_{\text{blanc éch}} = \varepsilon l C_{\text{patient}}$. Pour l'étalon, $A_{\text{étal}} = \varepsilon l C_{\text{étal}}$. Le quotient de ces relations élimine εl. Il faut exprimer les deux concentrations dans la même unité.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$$C_{\text{patient}} = \frac{A_{\text{éch}} - A_{\text{blanc éch}}}{A_{\text{étal}}}\, C_{\text{étal}}$$

Question Q10. À partir de la relation de dosage, des absorbances mesurées et de la concentration en fer de l'étalon, déterminer si la concentration en fer sérique du patient appartient à la gamme normale de 10 à 30 µmol·L⁻¹ et justifier.

La notice donne $C_{\text{étal}} = 2{,}00\,\mathrm{mg\,L^{-1}}$. Avec $M_{\mathrm{Fe}} = 55{,}8\,\mathrm{g\,mol^{-1}}$, cette concentration vaut $\dfrac{2{,}00 \times 10^{-3}}{55{,}8} = 3{,}58 \times 10^{-5}\,\mathrm{mol\,L^{-1}} = 35{,}8\,\mu\mathrm{mol\,L^{-1}}$. La relation de dosage donne $C_{\text{patient}} = \dfrac{0{,}115 - 0{,}008}{0{,}164} \times 35{,}8 = 23{,}4\,\mu\mathrm{mol\,L^{-1}}$. Cette valeur est comprise entre 10 et 30 $\mu\mathrm{mol\,L^{-1}}$, et dans l'intervalle linéaire du kit, de 4 à 180 $\mu\mathrm{mol\,L^{-1}}$.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$C_{\text{patient}} = 23{,}4\,\mu\mathrm{mol\,L^{-1}}$: la concentration appartient à la gamme normale.

3. Détection de la drépanocytose

L'exercice examine la détection de la drépanocytose par observation des globules rouges, qui peuvent prendre une forme de faucille lorsque la concentration en dioxygène diminue. Il compare les microscopes électronique et optique à l'aide des relations de de Broglie, de résolution et de lentilles minces, du grossissement et des limites de l'œil et de la diffraction.

Première partie : microscopie électronique

Question Q11. Calculer, en nanomètres, la longueur d'onde des électrons se déplaçant à la vitesse de 1,90 × 10⁸ m·s⁻¹, en utilisant la relation de de Broglie et les données fournies.

La relation de de Broglie est $\lambda = \frac{h}{m_e v}$. En unités SI, $h = 6,63 \times 10^{-34}\ \mathrm{J \cdot s}$, $m_e = 9,109 \times 10^{-31}\ \mathrm{kg}$ et $v = 1,90 \times 10^{8}\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$. Donc $\lambda = \frac{6,63\times10^{-34}}{9,109\times10^{-31}\times1,90\times10^{8}} = 3,83 \times 10^{-12}\ \mathrm{m}$. Comme $1\ \mathrm{nm} = 10^{-9}\ \mathrm{m}$, la conversion donne $3,83 \times 10^{-3}\ \mathrm{nm}$.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $\lambda = 0,00383\ \mathrm{nm}$

Question Q12. L'ouverture numérique du microscope électronique vaut 0,010. Justifier que sa limite de résolution permet de voir les hématies et de détecter la drépanocytose comme illustré sur la figure 1.

La limite de résolution indiquée dans le sujet est $AB_{\min} = \frac{1,22\lambda}{2ON}$. Avec $\lambda = 3,83 \times 10^{-12}\ \mathrm{m}$ et $ON = 0,010$, on obtient $AB_{\min} = 2,34 \times 10^{-10}\ \mathrm{m}$, soit $0,23\ \mathrm{nm}$. Cette distance est très inférieure aux dimensions données pour les hématies, de 8 à $12\ \mu\mathrm{m}$. L'instrument résout donc les cellules et les différences de forme illustrées.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $AB_{\min} \approx 0,23\ \mathrm{nm}$: les hématies et leurs formes sont résolues.

Deuxième partie : microscopie optique

Question Q13. Sur le document réponse à rendre avec la copie, compléter le schéma du microscope observant à l'infini, sans accommodation, en indiquant les centres optiques O₁ et O₂ des lentilles L₁ et L₂, ainsi que leurs foyers objets et images F₁, F₁', F₂ et F₂'.

Les foyers objets F_1 et F_2 se placent à gauche de leurs lentilles, et les foyers images F_1' et F_2' à droite. Pour l'observation à l'infini sans accommodation, l'image intermédiaire A_1B_1 est dans le plan focal objet de l'oculaire : A_1 est donc en F_2. Comme l'intervalle optique est $F_1'F_2$, ces deux foyers occupent le même point sur l'axe. Les centres O_1 et O_2 sont au niveau des lentilles L_1 et L_2.

Repères du microscope sur le document réponse

Réactif 1 1 x 20 mL	R_1	Fer (Fe^{3+}) : $C_{étal}$ = 2,00 mg.L^{-1}
Réactif 2 : guanidine 2 x 80 mL	R_2	chlorhydrate de guanidine 4,5 mol.L^{-1} hydroxylamine 230 mmol.L^{-1} tampon pH = 5
Réactif 3 : réactif de coloration 1 x 14 mL	R_3	ferrozine : C_3 = 44,4 mmol.L^{-1} tampon pH = 5

e opératoire manuel

éparation de la solution de travail

mL de réactif 2, ajouter 1,5 mL de réactif 3.

ealisation du test

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

Schéma complété : $F_1' = F_2 = A_1$, avec F_1, O_1, O_2, F_2' aux positions indiquées.

Question Q14. À partir des distances focales de l'objectif et de l'oculaire et de l'intervalle optique indiqués, montrer que, pour une observation à l'infini, l'objet AB doit être placé à 0,410 cm devant l'objectif.

Pour une image finale à l'infini, $A_1 = F_2$, donc $O_1A_1 = f_1' + \Delta = 0,400 + 16,0 = 16,4\ \text{cm}$. Avec la relation de conjugaison, $\frac{1}{O_1A_1} - \frac{1}{O_1A} = \frac{1}{f_1'}$, d'où $O_1A = -0,410\ \text{cm}$. Le signe négatif indique que l'objet est placé avant l'objectif, du côté de l'objet.

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

$O_1A = -0,410\ \text{cm}$, soit un placement à $0,410\ \text{cm}$ devant l'objectif.

Question Q15. Calculer le grossissement commercial Gc de ce microscope à partir des données fournies.

Le grossissement commercial est $G_c = \frac{\Delta}{f_1' f_2'} l$, avec $l = 0,25\ \text{m}$. En unités SI, $\Delta = 0,160\ \text{m}$, $f_1' = 0,00400\ \text{m}$ et $f_2' = 0,0250\ \text{m}$. Ainsi, $G_c = \frac{0,160}{0,00400 \times 0,0250} \times 0,25 = 400$. Le grossissement est sans unité.

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

$G_c = 400$

Question Q16. Déterminer si un microscope optique peut suffire à détecter la drépanocytose. Prendre en compte le pouvoir séparateur angulaire de l'œil et la diffraction, pour une lumière visible de longueur d'onde comprise entre 400 et 800 nm et une ouverture numérique de 0,65. Tout raisonnement cohérent est accepté.

La diffraction donne une résolution de $AB_{\min} = \frac{1{,}22\lambda}{2ON}$. À $800\ \text{nm}$, limite la plus défavorable, $AB_{\min} = 0,75\ \mu\text{m}$, bien moins que les tailles de 8 et $12\ \mu\text{m}$ des hématies. Leur différence de taille, $4\ \mu\text{m}$, forme après grossissement un angle d'environ $G_c \frac{4\times10^{-6}}{0{,}25} = 6,4 \times 10^{-3}\ \text{rad}$. Cet angle dépasse $\varepsilon = 3 \times 10^{-4}\ \text{rad}$: la différence est perceptible à l'œil.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Oui : la résolution optique et le pouvoir séparateur de l'œil permettent de distinguer les hématies et leurs formes.

Ce qu'il faut retenir de ce sujet (Session 2018)

Bilan de l'épreuve : Épreuve de BTS Analyses de Biologie Médicale, E3-U3 Sciences physiques et chimiques, session 2018, code 18ABE3SPC1, durée 2 heures, coefficient 2. Autour du fer dans le plasma, elle traite de la précipitation et de la complexation par la transferrine, du dosage sérique colorimétrique par Ferrimat-kit et de la détection de la drépanocytose par microscopie. Elle mobilise chimie, spectrophotométrie et optique.

Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- Pour $Fe(OH)_3(s) \rightleftharpoons Fe^{3+} + 3\ OH^-$, le produit de solubilité s'écrit $Ks = [Fe^{3+}][OH^-]^3$.
- Un tampon associe un acide faible et sa base conjuguée, ou une base faible et son acide conjugué, et limite les variations de pH.
- La loi de Beer-Lambert relie l'absorbance à la concentration; le blanc échantillon sert à corriger l'absorbance propre de l'échantillon.
- La limite de résolution du microscope est ABmin = 1,22 λ/(2 ON); une limite plus petite correspond à une meilleure résolution.

Points de vigilance & attentes du jury

- Écrire les équations avec les espèces et coefficients stœchiométriques corrects, puis exprimer Ks avec les exposants appropriés.
- Pour choisir le tampon, comparer le pH visé au pKa du couple et décrire un protocole avec contrôle au pH-mètre.
- Distinguer le blanc échantillon, le blanc réactif, l'étalon et l'échantillon avant d'utiliser les absorbances.
- Pour la résolution, convertir les unités de longueur d'onde et de taille, puis comparer les limites aux dimensions des hématies.

Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

Q : Comment établir la concentration du patient à partir des absorbances ?

Avec Beer-Lambert, l'absorbance est proportionnelle à la concentration dans les mêmes conditions. On corrige l'absorbance de l'échantillon par son blanc, on la rapporte à celle de l'étalon, puis on multiplie par la concentration de l'étalon.

Q : Comment vérifier si un précipité peut se former ?

Écrire l'expression du produit ionique avec les concentrations des ions, puis calculer sa valeur. La comparer à Ks : si le produit ionique dépasse Ks, la solution est sursaturée et la précipitation est possible.

Q : Comment organiser les trois exercices en deux heures ?

Le sujet annonce trois exercices indépendants et ne fixe pas de durée par exercice. Répartissez le temps selon le nombre de questions et les calculs, puis gardez quelques minutes pour vérifier les unités, les résultats et la rédaction.

Q : Quels critères de présentation et de notation sont explicitement indiqués ?

Le sujet précise que la clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction interviennent dans l'appréciation des copies. Aucun barème par question n'est imprimé dans les pages fournies; il ne faut donc pas en supposer un.

Sujet officiel associé (PDF) : https://btsabm.fr/assets/annales/bts-abm/E3 - Sciences physiques et chimiques/2018/BTS ABM - E3 - Sciences physiques et chimiques - Session 2018 - 1-Sujet.pdf
Ressources BTS Analyses de Biologie Médicale : 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.