

B.T.S. Analyses de Biologie Médicale

E3 – U3

Sciences physiques et chimiques

SESSION 2020

Durée : 2 heures

Coefficient : 2

Matériel autorisé :

- L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.
- L'usage de la calculatrice sans mémoire, « type collègue » est autorisée.

Tout autre matériel est interdit.

La clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction interviendront pour une part dans l'appréciation des copies.

Documents à rendre avec la copie :

- Document réponse 1page 10/11.
- Document réponse 2page 11/11.

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Le sujet se compose de 11 pages, numérotées de 1/11 à 11/11.

BTS Analyses de Biologie Médicale		Session 2020
E3 – U3 : Sciences physiques et chimiques	20ABE3SPC1	Page 1 sur 11

Une femme enceinte va consulter son médecin pour une grosse fatigue et des essoufflements. Son médecin lui prescrit une analyse de sang.

L'anémie par carence de fer touche souvent les femmes enceintes car elle peut être due à des pertes de sang ou à un manque de fer dans l'alimentation quotidienne. Elle se définit par un taux d'hémoglobine dans le sang inférieur aux valeurs normales. Lorsque les globules rouges ont une taille inférieure à la normale on parle d'anémie microcytaire. Dans le cas de carence en fer, un complément alimentaire en fer sous forme de comprimé est prescrit.

Les trois exercices sont indépendants.

Exercice I : la place du fer dans l'hémoglobine (4 points)

Données relatives à l'exercice :

- On rappelle que dans le cas d'une liaison d'un ligand avec un ion ou un atome central pour former un complexe, les deux électrons partagés dans la liaison proviennent du ligand.
- Numéro atomique de l'azote : $Z = 7$.
- Règles de Gillespie :

Type de molécule AX_mE_n	Nombre total de doublets ($m + n$)	Figure de répulsion	Nombre de liaisons (m)	Forme des molécules
AX_2	2	Droite	2	Linéaire
AX_3	3	Triangle équilatéral	3	Triangle en V
AX_2E	3		2	
AX_4	4	Tétraèdre	4	Tétraèdre
AX_3E	4		3	Pyramide
AX_2E_2	4		2	en V
AX_5	5	Bipyramide trigonale	5	Bipyramide
AX_4E	5		4	
AX_3E_2	5		3	en T
AX_2E_3	5		2	Linéaire
AX_6	6	Octaèdre	6	Octaèdre
AX_5E	6		5	Pyramide
AX_4E_2	6		4	Carré

Dans le tableau ci-contre, les molécules sont répertoriées sous la formule générale AX_mE_n où A est l'atome central, X le symbole des doublets liants, en nombre m, et E celui des doublets non-liants, en nombre n.

La fonction principale de l'hémoglobine, protéine présente dans les globules rouges, est de transporter le dioxygène dans tout l'organisme. La forme oxygénée de l'hémoglobine est appelée oxyhémoglobine qui est un complexe dont la structure est donnée **figure 1**.

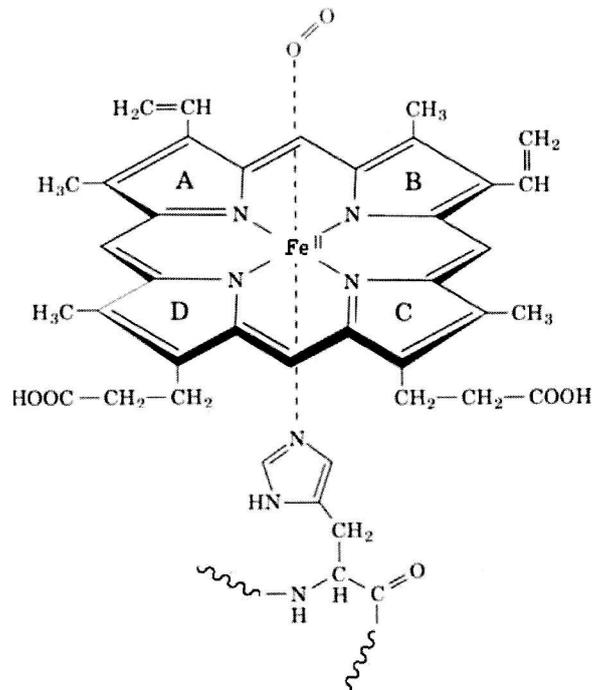


Figure 1 : complexe oxyhémoglobine

L'oxyhémoglobine est formée par l'assemblage de quatre chaînes polypeptidiques, chacune liées à un hème, par l'intermédiaire d'un acide aminé appelé histidine proximale et représenté **figure 2**.

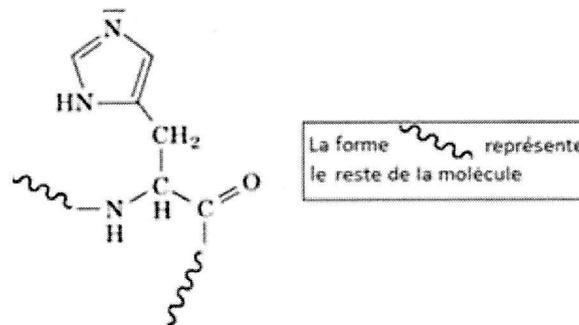


Figure 2 : histidine proximale

L'hème est un complexe fer(II)-porphyrine. Sa synthèse débute dans les mitochondries. L'enzyme ferrochélatase catalyse la transformation de la porphyrine en hème par réaction avec du fer II (**figure 3**).

C'est sur le fer central de l'hème que viennent se lier l'histidine proximale et le dioxygène transporté par le sang pour former l'oxyhémoglobine.

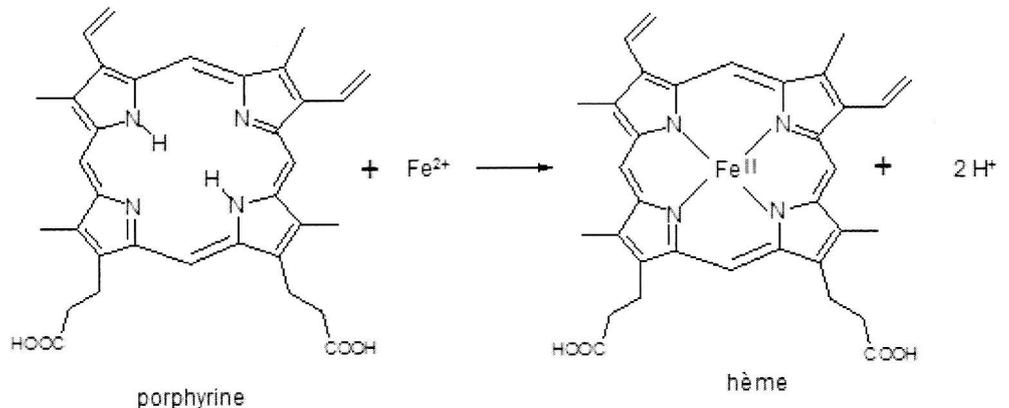


Figure 3 : synthèse de l'hème

1. Étude structurale

Q1. Écrire la configuration électronique de l'atome d'azote.

Q2. Représenter les cases quantiques de la couche de valence de l'atome d'azote et justifier que l'azote puisse être à l'origine de la liaison formée par un ligand dans un complexe.

Q3. En s'appuyant sur la figure 1 et les données, indiquer en justifiant la réponse, la géométrie du complexe oxyhémoglobine autour du fer II central.

2. L'anémie microcytaire

La forme la plus courante d'anémie microcytaire est une anémie dite ferriprive c'est-à-dire liée à une carence en fer dans l'organisme.

Q4. Une anémie ferriprive a-t-elle une conséquence sur la fabrication d'hémoglobine ? Justifier.

Q5. Proposer une explication à l'essoufflement dont se plaint la femme enceinte.

BTS Analyses de Biologie Médicale		Session 2020
E3 – U3 : Sciences physiques et chimiques	20ABE3SPC1	Page 4 sur 11

Exercice II : analyse des globules rouges (8 points)

Données relatives à l'exercice :

- Ouverture numérique :

$$O.N = n \times \sin(u)$$

n est l'indice de réfraction du milieu situé entre la lentille frontale et la lamelle.

u est le demi-angle d'ouverture maximum sous lequel la lumière pénètre dans l'objectif.

- Pouvoir de résolution du microscope : $AB_{\min} = \frac{0,61 \times \lambda}{O.N}$
- Indices de réfraction : $n_{\text{air}} = 1,000$; $n_{\text{huile}} = 1,518$; $n_{\text{verre}} = 1,515$
- Grossissement du microscope : $G_{\text{micr}} = G_{\text{oc}} \times |\gamma_{\text{obj}}|$

Le laboratoire d'analyse médicale prélève un échantillon de sang à la patiente et réalise une numération formule sanguine (NFS) dont une partie des résultats est indiquée ici :

Nombre de globules rouges par mm^3	3 950 000
Taux d'hémoglobine	89 g.L^{-1}

Afin de vérifier l'aspect des globules rouges, il effectue également un frottis sanguin. Ce frottis est observé avec un microscope doté de trois objectifs.

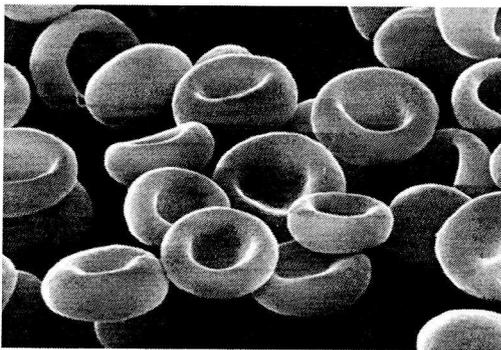


Image 1

Globules rouges dans les vaisseaux sanguins. Ce sont de petits disques biconcaves de $7 \mu\text{m}$ de diamètre pour un organisme sain.

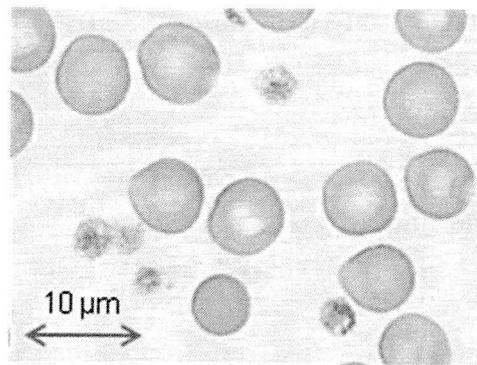


Image 2

Visualisation au microscope optique du frottis sanguin de la patiente.
Grossissement du microscope (x 1000)

1. Intérêt de l'objectif à immersion à huile

L'objectif à immersion à huile s'utilise en déposant une goutte d'huile sur la lame.

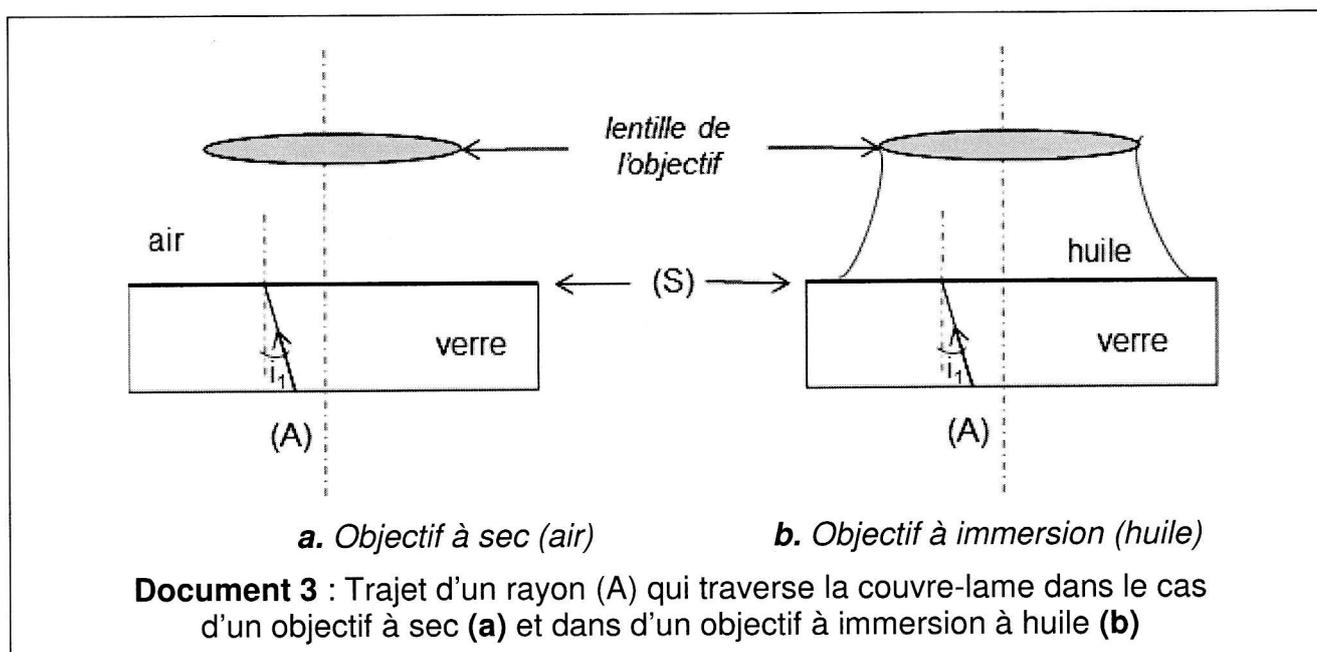
Il s'agira dans cette partie de montrer l'intérêt d'utiliser la technique d'immersion dans de l'huile par rapport à un objectif utilisé à sec (air).

Q6. Pouvoir de résolution du microscope

Q6.1. A quoi correspond le pouvoir de résolution du microscope ?

Q6.2. En s'appuyant sur son expression littérale, expliquer comment varie le pouvoir de résolution AB_{\min} lorsqu'il y a immersion dans de l'huile. Conclure sur un premier avantage de l'objectif à immersion à huile par rapport à l'objectif à sec.

Pour illustrer le principe de l'objectif à immersion à huile, on s'intéresse au trajet du rayon lumineux (A) qui arrive sur la surface de séparation (S) avec un angle d'incidence $i_1 = 20^\circ$ et qui en sort avec un angle i_2 (**document 3**).



Q7. Énoncer les lois de Snell-Descartes relatives à la réfraction à l'interface de deux milieux d'indices de réfraction respectifs n_1 et n_2 .

Q8. Montrer que les angles de sortie i_{2a} dans le cas de l'objectif à sec (**a**) et i_{2b} dans le cas de l'objectif à immersion à huile (**b**) ont pour valeurs respectives $i_{2a} = 31^\circ$ et $i_{2b} = 20^\circ$.

Q9. Compléter qualitativement le trajet du rayon (A) sur le schéma en **annexe 1 page 10/11, à rendre avec la copie** (la mesure exacte des angles avec un rapporteur n'est pas demandée).

Q10. En déduire un autre avantage de l'objectif à immersion à huile par rapport à l'objectif à sec.

BTS Analyses de Biologie Médicale	.	Session 2020
E3 – U3 : Sciences physiques et chimiques	20ABE3SPC1	Page 6 sur 11

2. Étude du frottis sanguin de la patiente

Le microscope utilisé pour l'observation du frottis est constitué d'un oculaire (x 10) et d'une tourelle avec le trois objectifs (x 20), (x 40) et (x 100).

On s'intéresse à l'**image 2, page 5/11** qui représente l'image du frottis observée au microscope.

Q11. Quel objectif a-t-on utilisé pour obtenir cette image ? Justifier.

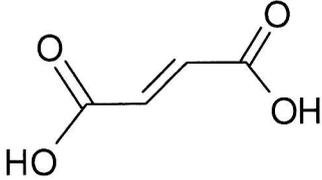
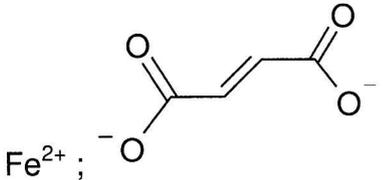
Q12. En utilisant cette image, montrer que les globules rouges observés confirment une anémie de type microcytaire. Justifier la cohérence avec les résultats de la NFS au regard des valeurs de référence ci-dessous.

Valeurs de références	Homme	femme
Taux d'hémoglobine (en gramme par litre de sang)	135 – 175 g.L ⁻¹	125 - 155 g.L ⁻¹
Nombre de globules rouges par mm ³ de sang	4,0 millions	5,3 millions

Exercice III : étude d'un complément alimentaire à base de fer (8 points)

Données relatives à l'exercice :

- Acide fumarique et fumarate ferreux :

Nom	Acide fumarique	Fumarate ferreux
Formule	$C_4H_4O_4$	$C_4H_2FeO_4$
Caractéristiques	Poudre cristalline blanche	Poudre fine brun-rougeâtre
Structure		

- Masse molaire atomique du fer : $M(Fe) = 55,8 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$
- Constantes d'acidité de l'acide fumarique (à 25 °C) :
 $pK_{a1}(C_4H_4O_4/C_4H_3O_4^-) = 3,0$ et $pK_{a2}(C_4H_3O_4^-/C_4H_2O_4^{2-}) = 4,4$
- Équation de Nernst dans les conditions standards : $E = E^\circ + \frac{0,059}{n} \times \log \frac{[ox]^a}{[red]^b}$

où n est le nombre d'électrons échangés.

Le Fumafer® est un médicament prescrit pour prévenir ou traiter la carence en fer chez la femme enceinte, le nouveau-né ou le nourrisson lorsque les apports alimentaires sont insuffisants. Le médicament étudié se présente sous forme de comprimés composés de fumarate ferreux.

Indications sur une boîte de Fumafer®

Composition

Fumarate ferreux 200 mg
 (quantité correspondante en fer 66 mg)
 pour un comprimé pelliculé.

Indications thérapeutiques

Ce médicament contient du fer. Il est préconisé dans le traitement des anémies dues à un manque de fer chez l'adulte et l'enfant à partir de 10 ans et en traitement préventif de la carence en fer chez la femme enceinte.

1. Étude de l'acide fumarique

Q13. L'acide fumarique possède un diastéréoisomère. Le représenter.

BTS Analyses de Biologie Médicale		Session 2020
E3 – U3 : Sciences physiques et chimiques	20ABE3SPC1	Page 8 sur 11

Préparation d'une solution à partir d'un comprimé de Fumafer®

On souhaite vérifier la composition d'un comprimé de Fumafer®. Pour cela, on écrase un comprimé et on récupère le solide dans une fiole jaugée de 100,0 mL que l'on complète avec de l'eau distillée. La solution obtenue est notée S. Elle a un pH de 5,6.

Q14. Tracer le diagramme de prédominance des couples relatifs à l'acide fumarique et à l'ion fumarate. En déduire la forme prédominante dans la solution S.

3. Titrage du fer :

On souhaite titrer le fer présent dans un comprimé de Fumafer®, sous forme d'ions $\text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})}$ et suivre le titrage par potentiométrie. On verse entièrement la solution S dans un bécher dans lequel on plonge deux électrodes ; une électrode de référence (électrode au calomel saturé ECS) et une électrode de mesure (au platine).

On réalise le titrage de la solution S par une solution de sulfate de cérium qui contient des ions $\text{Ce}^{4+}_{(\text{aq})}$ à la concentration $C = 0,10 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

La courbe représentant l'évolution du potentiel de l'électrode de mesure en fonction du volume de sulfate de cérium versé est donnée en **annexe 2 page 11/11 à rendre avec la copie**.

Q15. À partir des demi-équations électroniques des couples mis en jeu dans le dosage $\text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})}/\text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})}$ et $\text{Ce}^{4+}_{(\text{aq})}/\text{Ce}^{3+}_{(\text{aq})}$, établir l'équation de la réaction support du titrage des ions $\text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})}$ par les ions $\text{Ce}^{4+}_{(\text{aq})}$. Cette réaction est supposée totale.

Q16. Déterminer sur la courbe en **annexe 2**, le volume à l'équivalence V_E .

3A- Première exploitation de la courbe : vérification de la quantité de fer dans le médicament.

Q17. Déterminer la valeur de la quantité de matière en fer contenu dans un comprimé de fumafer®.

Q18. Cette quantité est-elle cohérente par rapport à l'indication de la boîte ?

3B- Deuxième exploitation de la courbe : détermination du potentiel standard du couple $\text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})} / \text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})}$.

Q19. Donner l'expression littérale du potentiel du couple $\text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})} / \text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})}$ et montrer, par le calcul, qu'à la demi-équivalence le potentiel de l'électrode de mesure est égal au potentiel standard de ce couple.

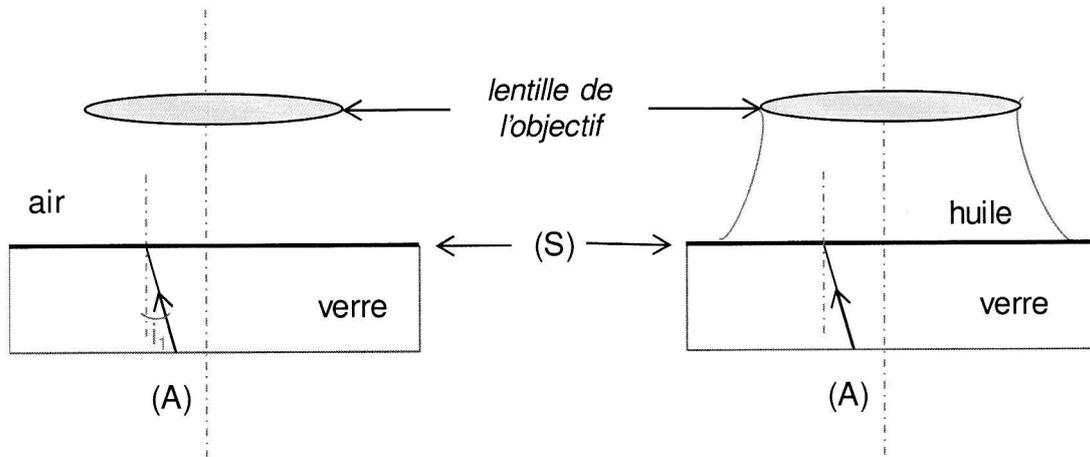
Q20. Estimer une valeur pour le potentiel standard du couple $\text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})} / \text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})}$.

BTS Analyses de Biologie Médicale		Session 2020
E3 – U3 : Sciences physiques et chimiques	20ABE3SPC1	Page 9 sur 11

DOCUMENT RÉPONSE 1/2

À rendre avec la copie

Annexe 1 : tracé du trajet du rayon (A) qui sort de la lame en verre.



a. Objectif à sec (air)

b. Objectif à immersion (huile)

DOCUMENT RÉPONSE 2/2

À rendre avec la copie

Annexe 2 : courbe de titrage des ions $\text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})}$ par les ions $\text{Ce}^{4+}_{(\text{aq})}$

