



SERVICES CULTURE ÉDITIONS  
RESSOURCES POUR  
L'ÉDUCATION NATIONALE

**Ce document a été numérisé par le CRDP de Bordeaux pour la  
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel.**

**Campagne 2013**

# B.T.S. Analyses de Biologie Médicale

## E3 – U3 Sciences physiques et chimiques

SESSION 2013

—  
Durée : 2 heures  
Coefficient : 2  
—

**Matériel autorisé :**

- Toutes les calculatrices de poche y compris les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimante (Circulaire n°99-186, 16/11/1999).
- Tout autre matériel est interdit.

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

Le sujet est composé de deux exercices indépendants.

Les pages 2 et 3 constituent une banque de données relative à tout le sujet.

**Exercice I :** 13,5 points

**Exercice II :** 06,5 points

Les deux exercices comportent plusieurs parties qui peuvent être traitées séparément.

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

Le sujet se compose de 8 pages, numérotées de 1/8 à 8/8.

BTS Analyses de Biologie Médicale		Session 2013
E3 – U3 : Sciences physiques et chimiques	Code : 13ABE3SPC1	Page : 1/8

## Banque de données relative à tout le sujet

- Analyse médicale support de l'étude :

### LABORATOIRE D'ANALYSES DE BIOLOGIE MÉDICALE

Société Civile Professionnelle

SCP X

Dir. : Y

335 692 R.C.S. Pontoise

av. Jean Moulin – 95330 DOMONT

Pharmacien biologiste

Autorisé 95-06

Tél. 01 39 72 00 60

Ancien interne des Hôpitaux de Paris

N° 95.4.70006 1

Fax 01 39 94 32 93

CES Hématologie, Immunologie  
Parasitologie, Mycologie, Bactériologie, Virologie

Dossier N° : 111 409080 du 09/06/10

Saint Denis, le 10/06/10

S.O.S MEDECINS

Mr Z

38 AVENUE EDITH CAWELL

20 rue Aristide Briand

95320 BAILLET EN FRANCE

95570 MONTSOULT

#### Laboratoire national de détection du dopage (LNDD, Chatenay-Malabry)

#### Valeurs physiologiques :

#### Numération sanguine (NFS)

- |                    |                              |                                    |
|--------------------|------------------------------|------------------------------------|
| - Hématies .....   | 6,6 millions/mm <sup>3</sup> | 4,2 – 5,7 millions/mm <sup>3</sup> |
| - Hémoglobine...   | 17,9 g/100 mL                | 14,0 – 17,0 g/100 mL               |
| - Hématocrite..... | 63 %                         | 40 – 52 %                          |

#### Vitesse de sédimentation (VS)

- |                               |      |         |
|-------------------------------|------|---------|
| - VS 1 <sup>ère</sup> heure : | 0 mm | < 7 mm  |
| - VS 2 <sup>ème</sup> heure : | 0 mm | < 20 mm |

Urée ..... 5,2 mmol/L

3 – 7,5 mmol/L

Acide pyruvique ..... 50 µmol/L

40 – 60 µmol/L

#### Acide lactique

- |                   |            |                   |
|-------------------|------------|-------------------|
| - Sang veineux :  | 6,9 mmol/L | 0,55 – 2,3 mmol/L |
| - Sang artériel : | 3,3 mmol/L | 0,33 – 1,1 mmol/L |

Créatinine ..... 110 µmol/L

65 – 120 µmol/L

Glucose ... ..... 5 mmol/L (à jeun)

4,5 – 7 mmol/L (à jeun)

#### Ionogramme

- |                   |             |                    |
|-------------------|-------------|--------------------|
| - Calcium .....   | 2,4 mmol/L  | 2,2 – 2,6 mmol/L   |
| - Phosphore ..... | 1,15 mmol/L | 0,80 – 1,45 mmol/L |
| - Magnésium ..... | 0,82 mmol/L | 0,75 – 0,90 mmol/L |

BTS Analyses de Biologie Médicale

Session 2013

E3 – U3 : Sciences physiques et chimiques

Code : 13ABE3SPC1

Page : 2/8

• **Numéros atomiques :**  $Z(\text{H}) = 1$                        $Z(\text{C}) = 6$                        $Z(\text{O}) = 8$

• **pKa** ( $\text{CH}_3\text{CHOHCOOH}/\text{CH}_3\text{CHOHCOO}^-$ ) = 3,86

• **Enthalpies molaires standard de formation à 298 K :**

	$\text{CO}_2(\text{g})$	$\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	$\text{O}_2(\text{g})$
$\Delta_f H^0$ ( $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ )	-393	-286	0

• **Masses volumiques :**

d'un globule rouge :  $\rho_G = 1,30 \cdot 10^3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$

du sang :  $\rho_S = 1,06 \cdot 10^3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$

• **Viscosité du sang :**

à la température de l'expérience d'environ  $20\text{ }^\circ\text{C}$  :  $\eta = 1,00 \cdot 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$

• **Rayon du globule rouge supposé sphérique :**  $r = 2,0 \text{ }\mu\text{m}$

• **Volume d'une sphère de rayon  $r$  :**  $V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3$

• **Accélération de la pesanteur :**  $g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$

## Exercice I : l'acide lactique (13,5 points)

Afin de connaître l'état de forme physique des athlètes de haut niveau, une analyse médicale est réalisée très régulièrement et comporte notamment un dosage de l'acide lactique dans le sang. Une enzyme appelée lactase-déshydrogénase réduit l'acide pyruvique  $\text{CH}_3\text{-CO-COOH}$  dans le muscle durant les exercices physiques en acide (S)-lactique  $\text{CH}_3\text{-CHOH-COOH}$ , principal responsable des crampes ; le processus est inversé lorsque le muscle est au repos.

### 1. Considérations structurales

- 1.1 Écrire la formule développée de l'acide lactique et celle de l'acide pyruvique. Donner leurs noms en nomenclature systématique.
- 1.2 Entourer les groupes fonctionnels dans ces formules et indiquer leurs noms.
- 1.3 Donner la définition d'un carbone asymétrique et indiquer par un astérisque, sur les formules développées précédentes, la présence du ou des carbone(s) asymétrique(s) dans les molécules d'acide lactique et d'acide pyruvique.
- 1.4 Représenter suivant la convention de CIP, l'acide (S)-lactique. Justifier cette représentation en donnant l'ordre de priorité des substituants.
- 1.5 Faire la représentation de Fischer de l'acide (L)-lactique.

### 2. Enthalpie de formation de l'acide lactique

La combustion complète de l'acide lactique à l'état liquide conduit à la formation d'eau et de dioxyde de carbone selon la réaction d'équation :  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3(l) + 3 \text{O}_2(g) = 3 \text{CO}_2(g) + 3 \text{H}_2\text{O}(l)$   
La variation d'enthalpie de cette réaction vaut  $\Delta H^\circ_{\text{comb}} = -1364 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$  (à 298 K)

- 2.1 Exprimer  $\Delta H^\circ_{\text{comb}}$  en fonction des enthalpies molaires standard de formation des espèces mises en jeu dans cette réaction.
- 2.2 En déduire, en kJ/mol, la valeur de l'enthalpie molaire standard de formation de l'acide lactique, à l'état liquide, à 298 K.

### 3. Réactions mettant en jeu l'acide lactique

L'acide lactique est mis en jeu dans des réactions acido-basiques.

- 3.1 Écrire l'équation de la réaction de l'acide lactique avec l'eau.

BTS Analyses de Biologie Médicale		Session 2013
E3 – U3 : Sciences physiques et chimiques	Code : 13ABE3SPC1	Page : 4/8

- 3.2 Une solution aqueuse d'acide lactique de concentration  $8,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol. L}^{-1}$  possède un pH égal à 3,0. L'acide lactique est-il un acide fort ou faible ? Justifier.

*L'acide lactique est mis en jeu dans des réactions d'oxydoréduction.*

- 3.3 Écrire la demi-équation du couple d'oxydoréduction qui intervient lors de la transformation de l'acide pyruvique en acide (S)-lactique.

*L'acide lactique est aussi le composé majoritaire obtenu par hydratation du composé de formule :  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{COOH}$ .*

- 3.4 Cette réaction est-elle une addition ou une substitution ?

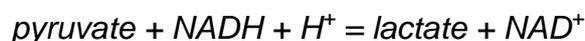
- 3.5 Justifier pourquoi l'acide lactique est le composé obtenu de façon majoritaire.

*L'acide lactique est utilisé comme monomère pour la production du PLA (acide polylactique) qui est un polyester synthétique biodégradable. Ce polymère a de nombreuses applications médicales. Il est employé en particulier comme fil de suture résorbable, comme fibre pour la fabrication des couches biodégradables...*

- 3.6 Une réaction d'estérification est possible entre les deux groupes fonctionnels présents dans l'acide lactique. Écrire l'équation de la réaction susceptible de se produire entre deux molécules d'acide lactique.
- 3.7 Indiquer deux caractéristiques de cette réaction.
- 3.8 Expliquer pourquoi la réaction peut se poursuivre et donner une molécule de grande masse molaire.

#### 4. Détermination de la lactatémie

*La détermination de la lactatémie, c'est-à-dire du taux d'acide lactique dans le sang, peut se faire en utilisant une technique enzymatique. Il s'agit d'utiliser la déshydrogénase de l'acide lactique (LDH) qui catalyse, au pH de l'organisme, l'équilibre :*



*Les molécules NADH et  $\text{NAD}^+$  sont des coenzymes d'oxydoréduction présents dans les cellules vivantes.*

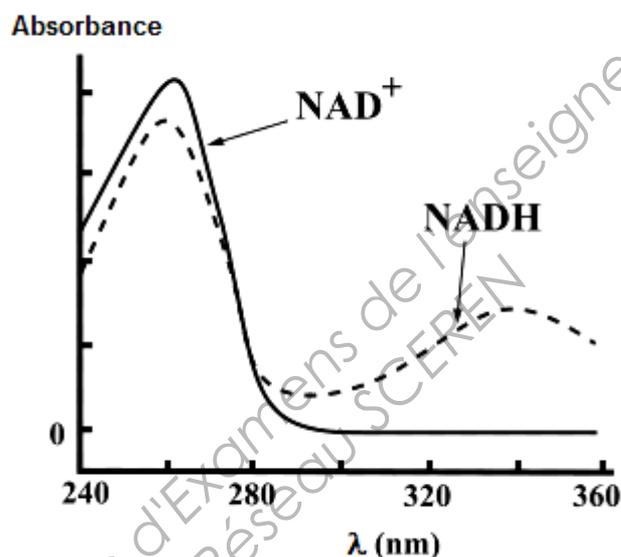
*Au pH physiologique, l'équilibre précédent est déplacé dans le sens de la formation du lactate. En augmentant le pH du milieu et en ajoutant une grande quantité de semicarbazide qui réagit avec le pyruvate, on peut déplacer l'équilibre dans le sens indirect et **former quantitativement la NADH à partir du lactate.***

*La mesure de l'absorbance du milieu permet de déterminer la concentration en NADH et d'accéder à la concentration en lactate.*

BTS Analyses de Biologie Médicale		Session 2013
E3 – U3 : Sciences physiques et chimiques	Code : 13ABE3SPC1	Page : 5/8

- 4.1 Expliquer pourquoi l'augmentation du pH déplace l'équilibre précédent dans le sens indirect.
- 4.2 Le semicarbazide est un composé du type  $Z-NH_2$ . La réaction qui s'opère entre ce dernier et le pyruvate est équivalente à celle d'un dérivé  $Z-NH_2$  et d'une cétone  $R-CO-R'$ . Écrire l'équation de la réaction correspondante.
- 4.3 Expliquer le sens d'évolution de l'équilibre,  $pyruvate + NADH + H^+ = lactate + NAD^+$ , par ajout de semicarbazide.

La figure ci-contre représente les spectres des espèces  $NAD^+$  et  $NADH$ .



- 4.4 Si l'on suppose que, dans cette gamme de longueurs d'onde, seules les deux espèces précédentes peuvent avoir une incidence sur la valeur de l'absorbance du milieu. Quelle longueur d'onde de travail faudrait-il choisir pour déterminer facilement la concentration en  $NADH$  à partir de la mesure d'absorbance? Justifier la réponse.
- 4.5 Il est possible de déterminer la concentration en  $NADH$  à partir de la loi de Beer-Lambert. Énoncer cette loi en explicitant chacun de ses termes.
- 4.6 Expliquer pourquoi la connaissance de cette concentration permet d'accéder à celle du lactate.

BTS Analyses de Biologie Médicale		Session 2013
E3 – U3 : Sciences physiques et chimiques	Code : 13ABE3SPC1	Page : 6/8

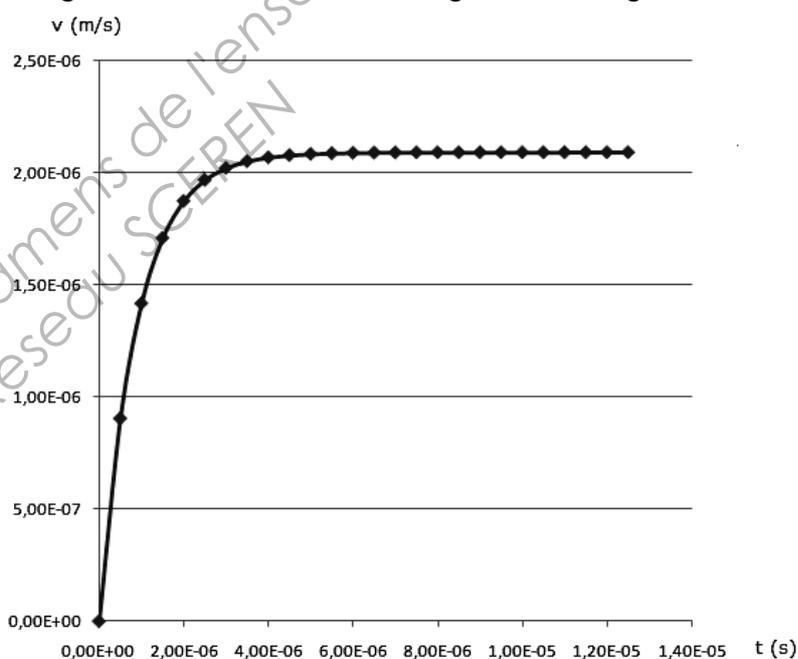
## Exercice II : dopage à l'EPO ? (6,5 points)

L'érythropoïétine (EPO) est une hormone de nature glycoprotéique (protéine portant un glucide). Cette hormone est un facteur de croissance des précurseurs des globules rouges dans la moelle osseuse. Elle entraîne ainsi une augmentation du nombre de globules rouges dans le sang. Il y a donc un risque d'hypertension artérielle et d'une augmentation de la viscosité sanguine (un plus grand travail du cœur est alors nécessaire).  
Extrait du site <http://fr.wikipedia.org>

Lors de la détermination de la vitesse de sédimentation, le sang est prélevé chez un patient à jeun depuis au moins 24 heures. On utilise du sang veineux préalablement recueilli dans un tube contenant un anticoagulant. Le sang recueilli est placé dans un tube appelé tube de Westergreen. C'est un tube fin, gradué en mm, de 20 cm de longueur environ.

La première lecture du résultat se fait après une heure et la seconde après deux heures. Ces résultats sont désignés par VS à la première heure et VS à la deuxième heure. L'absence de sédimentation c'est-à-dire une vitesse de sédimentation nulle ou ralentie peut traduire certaines pathologies comme l'augmentation du nombre de globules rouges dans le sang (polyglobulies).

On étudie la sédimentation sous l'effet de la pesanteur, d'un globule rouge, que l'on assimile à une sphère dans le sang. L'étude mathématique équivaut alors à l'étude de la chute verticale d'une sphère homogène dans un liquide. Une simulation prenant en compte les caractéristiques du globule rouge conduit au graphe reproduit ci-contre, qui représente les variations de la vitesse de chute en fonction du temps.



1. En utilisant le graphe ci-dessus, justifier que l'on peut considérer que le globule rouge suit un mouvement rectiligne uniforme, quasi instantanément après l'instant initial.
2. On peut montrer que lorsque le mouvement est rectiligne uniforme, la vitesse du globule rouge est donnée par l'expression suivante : 
$$v = \frac{2 r^2 g (\rho_G - \rho_S)}{9 \eta}$$
.

Calculer la valeur de cette vitesse à la température de 20 °C. L'expression proposée pour ce calcul est-elle en accord avec le graphe présenté plus haut ?

BTS Analyses de Biologie Médicale		Session 2013
E3 – U3 : Sciences physiques et chimiques	Code : 13ABE3SPC1	Page : 7/8

3. Combien de temps met un globule rouge pour parcourir les 20 cm du tube si on considère que son mouvement est rectiligne uniforme dès l'instant initial ? Donner le résultat en secondes et en heures.
4. Les deux valeurs de VS de l'analyse biologique sont nulles. Est-ce en accord avec la question précédente ?
5. Cette valeur nulle peut laisser penser que l'athlète s'est dopé à l'EPO. Expliquer pourquoi.

*On étudie maintenant la sédimentation par centrifugation d'un globule rouge dans le sang.*

6. Un globule rouge se trouvant à une distance  $R = 10$  cm de l'axe de rotation de la centrifugeuse de vitesse angulaire  $\omega = 1,0 \cdot 10^3$  tour.min<sup>-1</sup> est soumis à une accélération  $a = \omega^2 R$ . Montrer que cette accélération vaut  $1,1 \cdot 10^3$  m. s<sup>-2</sup>.
7. Par centrifugation, on suppose que la vitesse du globule rouge devient  $v_C = \frac{2 r^2 a (\rho_G - \rho_S)}{9 \eta}$ . Expliquer pourquoi.
8. Comparer les vitesses sous l'effet de la pesanteur,  $v$ , et par centrifugation,  $v_C$ . En déduire l'intérêt de la centrifugation.
9. Sur un extrait de fiche technique de centrifugeuse, on peut lire les informations :

**Temps de centrifugation nécessaire pour le sérum, le plasma et le sédiment urinaire**

**Pour obtenir un sérum** : il faut d'abord attendre que le sang soit complètement coagulé. Après coagulation, centrifuger le tube entre 1 000 et 1 200 g pendant 10 à 15 minutes.

**Pour obtenir un plasma** : une centrifugation à 2500 g pendant 20 minutes est nécessaire.

**Pour le sédiment urinaire** : centrifuger l'échantillon à 400 g pendant 5 minutes. Ne pas dépasser ces recommandations, car les culots ont tendance à être trop compacts et les leucocytes à former des amas.

**Calcul de la force centrifuge relative (RCF ou « nombre de g »)**

La force centrifuge relative en g est fonction de la vitesse en tours/min du rotor et de la distance entre l'axe du rotor et le point considéré (ou rayon de rotation) selon la formule :  $RCF = 1,118 \times 10^{-5} \cdot R \cdot n^2$

avec

R = distance en cm entre l'axe du rotor et le point considéré (rayon de rotation)

n = vitesse de rotation en tours par minute

En utilisant la relation mathématique donnée pour le calcul de la force centrifuge relative ou « nombre de g », calculer la vitesse de rotation, en tour par minutes, qu'il faut choisir sur la machine pour obtenir un plasma (le rayon de rotation vaut  $R=10$  cm).

BTS Analyses de Biologie Médicale		Session 2013
E3 – U3 : Sciences physiques et chimiques	Code : 13ABE3SPC1	Page : 8/8