

B.T.S. Analyses de Biologie Médicale

E3 – U3

Sciences physiques et chimiques

SESSION 2022

Durée : 2 heures

Coefficient : 2

Matériel autorisé :

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

Tout autre matériel est interdit.

Document à rendre avec la copie :

- Annexes..... Pages 9/10 et 10/10.

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

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Le sujet se compose de 10 pages, numérotées de 1/10 à 10/10.

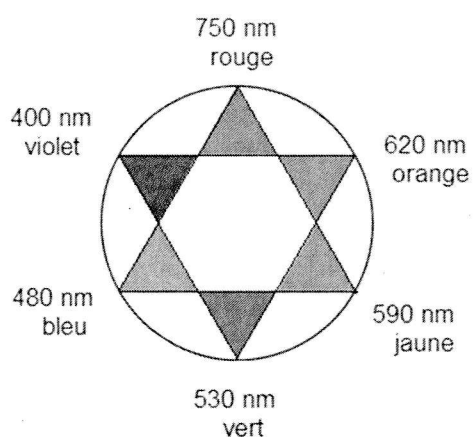
BTS Analyses de Biologie Médicale		Session 2022
E3 – U3 : Sciences physiques et chimiques	22ABE3SPC1	Page 1 sur 10

Données relatives à l'ensemble du sujet

- $P^\circ = 1 \text{ bar}$
- Unités de pression : $760 \text{ mmHg} = 10^5 \text{ Pa} = 1 \text{ bar}$
- Numéros atomiques Z de quelques éléments

Élément	H	C	O
Numéro atomique	1	6	8

- Coefficient de solubilité du dioxygène à 37°C dans le sang : $k_{O_2(aq)} = 0,023$ (sans unité)
- Longueur d'onde dans le vide de la raie D du sodium : $\lambda = 589 \text{ nm}$
- Cercle chromatique



Les longueurs d'ondes sont les longueurs d'ondes dans le vide des radiations indiquées.

- Grandeurs thermodynamiques standard et à 298 K

Espèce chimique	$\Delta_f H^\circ$ (en $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$)
Glucose $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{aq})$	-1273,3
Dioxyde de carbone $\text{CO}_2(\text{aq})$	-393,5
Eau $\text{H}_2\text{O}(\ell)$	-285,8
Dioxygène $\text{O}_2(\text{aq})$	-11,7

- La loi de Biot

Cette loi liant le pouvoir rotatoire α d'une solution d'une espèce donnée à la concentration C (en $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$) s'écrit $\alpha = [\alpha_0]^{20}_D \times \ell \times C$ où ℓ est la largeur de la cuve (en m) et $[\alpha_0]^{20}_D$ est le pouvoir rotatoire spécifique (en $^\circ\cdot\text{m}^2\cdot\text{kg}^{-1}$).

Ce sujet étudie différents aspects de l'oxygène présent dans l'organisme. Il est composé de deux exercices indépendants.

Exercice I : le dioxygène dans le sang (10,5 points)

Les oxymètres de pouls sont des dispositifs portables, compacts et légers qui mesurent la saturation en dioxygène du sang. La mesure effectuée peut cependant se révéler inexacte dans certaines conditions. Ce n'est que l'analyse des gaz du sang qui permet de lever d'éventuels doutes. Un automate permet alors, après prise de sang, de mesurer la pression partielle du dioxygène et de déterminer le degré d'oxygénation du sang.

Partie I : Le dioxygène présent dans le sang

Le dioxygène présent dans le sang peut se présenter sous forme dissoute ou sous forme combinée à l'hémoglobine. Il est transporté de deux façons dans l'organisme :

- sous forme de dioxygène dissout dans le sang que l'on note $O_2(aq)$.
- sous forme de dioxygène combiné à l'hémoglobine pour former un complexe nommé oxyhémoglobine, que l'on notera $HbO_2(aq)$. La molécule de dioxygène est un ligand dans la molécule d'oxyhémoglobine.

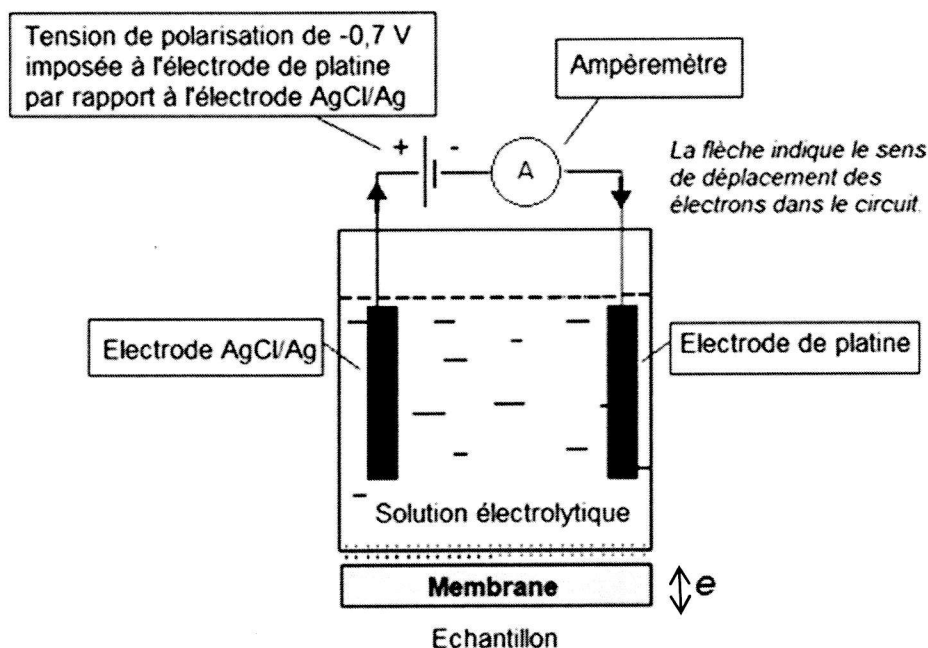
A. Étude de la molécule de dioxygène

Q1. Représenter le schéma de Lewis de la molécule de dioxygène.

Q2. Justifier le fait que cette molécule peut jouer le rôle de ligand dans un complexe.

B. Principe de fonctionnement d'un capteur à dioxygène

Le principe de la mesure d'un capteur à dioxygène est décrit sur le schéma ci-dessous.



La mesure est basée sur une méthode ampérométrique. Un générateur impose une polarisation à deux électrodes, une électrode de platine et une électrode de référence AgCl/Ag dans une solution électrolytique ($\text{K}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$). Cette polarisation induit sur chacune d'elles des réactions électrochimiques.

La membrane, d'épaisseur e , ne laisse diffuser que le dioxygène de l'échantillon. On montre que la concentration en dioxygène dissout est proportionnelle à l'intensité i du courant qui circule dans le circuit lorsque le régime de fonctionnement est établi.

Les couples oxydant-réducteur mis en jeu dans la mesure sont : $\text{O}_2(\text{aq})/\text{H}_2\text{O}(\ell)$ et $\text{AgCl}(\text{s})/\text{Ag}(\text{s})$.

Q3. Écrire la demi-équation électronique du couple $\text{O}_2(\text{aq})/\text{H}_2\text{O}(\ell)$.

Q4. En s'appuyant sur l'équation de la réaction modélisant la précipitation du chlorure d'argent à partir des ions argent Ag^+ et chlorure Cl^- et de la demi équation du couple $\text{Ag}^+(\text{aq})/\text{Ag}(\text{s})$ écrire la demi-équation du couple $\text{AgCl}(\text{s})/\text{Ag}(\text{s})$.

Q5. En s'appuyant sur le sens de déplacement des électrons imposé par le générateur, écrire les réactions électrochimiques ayant lieu au niveau de l'électrode de platine d'une part et au niveau de l'autre électrode d'autre part. En déduire la nature du produit formé à chaque électrode.

C. Détermination de la forme prédominante du dioxygène présent dans le sang

Le sang est assimilé à une solution aqueuse. Les solutions seront considérées comme étant idéales et les gaz seront modélisés comme étant des gaz parfaits.

Cette partie s'appuie sur l'analyse de sang d'une patiente dont la valeur de pression partielle de dioxygène gazeux a été mesurée : $P_{\text{O}_2} = 90 \text{ mmHg}$.

- Le volume de dioxygène dissout dans le sang, $V_{\text{O}_2(\text{aq})}$, est proportionnel à la pression partielle de dioxygène gazeux P_{O_2} et au coefficient de solubilité du dioxygène dans le sang, k_{O_2} . Son expression est la suivante : $V_{\text{O}_2(\text{aq})} = k_{\text{O}_2(\text{aq})} \times \frac{P_{\text{O}_2(\text{g})}}{P^\circ} \times V_{\text{sang}}$.
- Le dioxygène combiné à l'hémoglobine est obtenu selon la transformation chimique modélisée par l'équation : $\text{Hb}(\text{aq}) + \text{O}_2(\text{aq}) = \text{HbO}_2(\text{aq})$. Il y a en moyenne 150 g d'hémoglobine par litre de sang. Le pouvoir de fixation de l'hémoglobine (appelé pouvoir oxyphorique) est, pour un adulte, de 1,34 mL de dioxygène fixé pour 1 g d'hémoglobine.

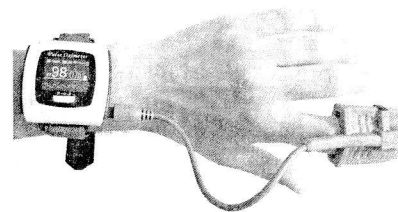
Q6. Préciser sous quelle forme, dissout ou combiné à l'hémoglobine, le dioxygène présent dans le sang se trouve majoritairement.

Le candidat est amené à prendre des initiatives. Toute démarche même non aboutie sera valorisée.

BTS Analyses de Biologie Médicale		Session 2022
E3 – U3 : Sciences physiques et chimiques	22ABE3SPC1	Page 4 sur 10

Partie II : Mesure du taux d'oxygène par un oxymètre de pouls

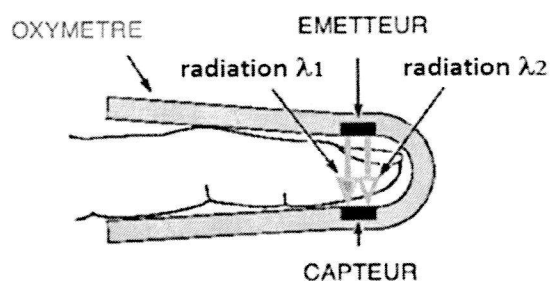
L'oxymètre de pouls est un appareil qui permet de déterminer le taux de saturation en dioxygène d'un milieu. Celui-ci, noté spO_2 , correspond au rapport de la concentration en d'oxyhémoglobine $HbO_2(aq)$ par celle en hémoglobine que l'on notera $Hb(aq)$: $spO_2 = \frac{[HbO_2(aq)]}{[Hb(aq)]}$.



Source : wikipedia

L'oxymètre de pouls est constitué d'un capteur qui se fixe sur une extrémité, le plus souvent un doigt et d'un analyseur muni d'un écran d'affichage des résultats.

Le capteur est lui-même constitué d'une source, composée de deux LED, qui génère deux radiations monochromatiques, l'une de longueur d'onde $\lambda_1 = 660 \text{ nm}$ et une seconde de longueur d'onde $\lambda_2 = 950 \text{ nm}$. Une seule de ces radiations est visible à l'œil nu. Ces deux radiations vont traverser la peau et être captées par un récepteur constitué d'une photodiode qui va mesurer le taux d'absorbance de ces deux radiations.



Source : wikipedia

Pour une des deux radiations, c'est l'oxyhémoglobine HbO_2 qui absorbe principalement tandis que pour l'autre radiation, c'est l'hémoglobine Hb .

- Q7.1.** Indiquer la couleur de la radiation visible et préciser dans quel domaine du spectre électromagnétique l'autre radiation se situe.
- Q7.2.** Énoncer la loi de Beer-Lambert en précisant les grandeurs physiques et leurs unités.
- Q7.3.** En s'appuyant sur la courbe représentant l'évolution du coefficient d'extinction molaire, ϵ , en fonction de la longueur d'onde (**figure 1** page suivante), préciser quelle espèce chimique absorbe principalement le rayonnement de longueur λ_1 et quelle espèce absorbe principalement le rayonnement de longueur λ_2 .
- Q8.1.** À partir de la courbe théorique donnée en **Annexe 1 page 9/10 à rendre avec la copie**, estimer la valeur que la patiente, dont l'analyse du sang a donné une pression partielle en dioxygène de 90 mm Hg, doit s'attendre à lire sur son oxymètre de pouls.
- Q8.2.** En utilisant les réponses aux questions précédentes et vos connaissances, expliquer pourquoi l'utilisation d'un vernis coloré bleu par la patiente modifierait la mesure de l'oxymètre.

BTS Analyses de Biologie Médicale		Session 2022
E3 – U3 : Sciences physiques et chimiques	22ABE3SPC1	Page 5 sur 10

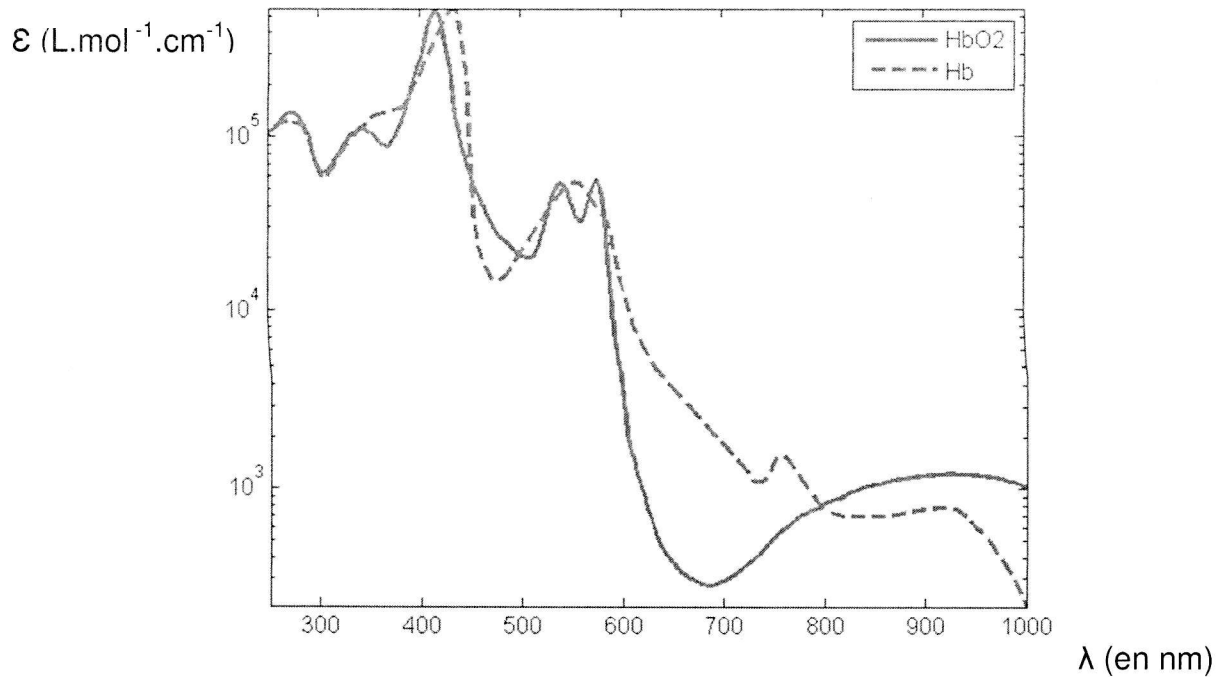


Figure 1 : Évolution du coefficient d'extinction molaire en fonction de la longueur d'onde pour l'hémoglobine et l'oxyhémoglobine
 Source : Review of Scientific Instruments

Exercice II : Le dioxygène et le glucose (9,5 points)

La respiration est l'une des voies essentielles permettant aux cellules de produire la forme d'énergie nécessaire pour leur développement et leur activité. En présence de dioxygène, la plupart des cellules pratiquent la respiration cellulaire, c'est-à-dire qu'elles oxydent complètement le glucose en dioxyde de carbone.

Partie I : Le glucose

Le glucose est un sucre de la famille des hexoses, il existe dans la nature sous plusieurs formes, linéaire ou cyclique. L'étude porte sur sa forme linéaire, le D-glucose, de formule brute $C_6H_{12}O_6$ et de formule semi-développée $CH_2OH-(CHOH)_4-CHO$.

A. La molécule de D-glucose

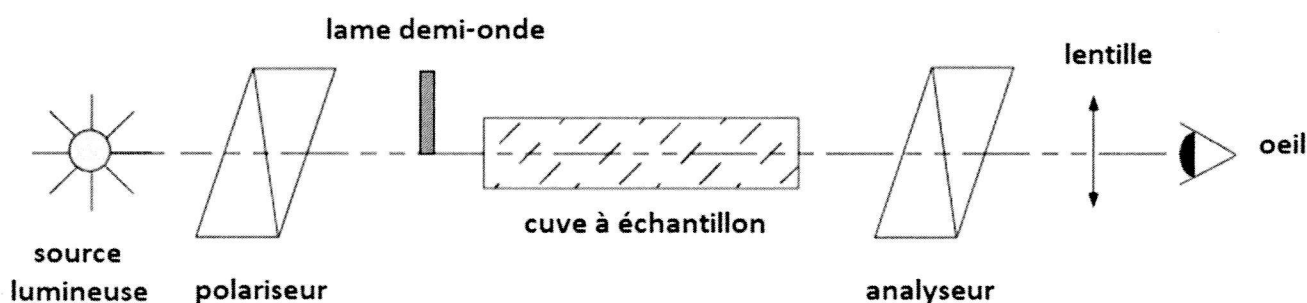
Q9. Entourer les groupes caractéristiques présents dans la molécule du D-glucose dont la représentation de Cram est donnée **en Annexe 2 page 9/10 à rendre avec la copie** et nommer les familles de fonctions associées.

Q10. Sur la représentation **en Annexe 2 page 9/10 à rendre avec la copie**, faire figurer les carbones asymétriques de la molécule du D-glucose.

Q11. Préciser, en le justifiant, la configuration absolue R ou S du carbone 5.

B. Le glucose et la polarisation de la lumière

Le pouvoir rotatoire est la propriété qu'ont certaines espèces chimiques de faire tourner le plan de polarisation d'une onde polarisée rectilignement lors de la traversée d'un échantillon dans laquelle elle se trouve. L'instrument qui permet de mesurer les rotations optiques est le polarimètre. On donne ci-dessous le schéma de principe d'un polarimètre de Laurent :



La source lumineuse la plus fréquemment employée est une lampe à vapeur de sodium. La raie D du sodium est une lumière quasi-monochromatique de longueur d'onde 589 nm.

Q12. En utilisant la courbe **de l'Annexe 3 page 10/10 à rendre avec la copie**, qui représente l'évolution du pouvoir rotatoire du D-glucose en fonction de sa concentration en solution aqueuse, déterminer la valeur du pouvoir rotatoire spécifique $[\alpha_D]^{20}$ du D-glucose.

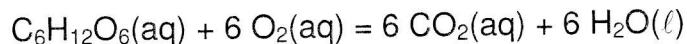
Q13. Certaines espèces chimiques sont dextrogyres. Expliquer ce terme.

Q14. Le D-glucose est-il dextrogyre ? Justifier.

BTS Analyses de Biologie Médicale		Session 2022
E3 – U3 : Sciences physiques et chimiques	22ABE3SPC1	Page 7 sur 10

Partie II : réaction du dioxygène avec le glucose

Le métabolisme du glucose en présence de dioxygène permet de transférer de l'énergie à l'organisme. Le processus biologique sous-jacent peut se modéliser par une réaction dont l'équation est la suivante :



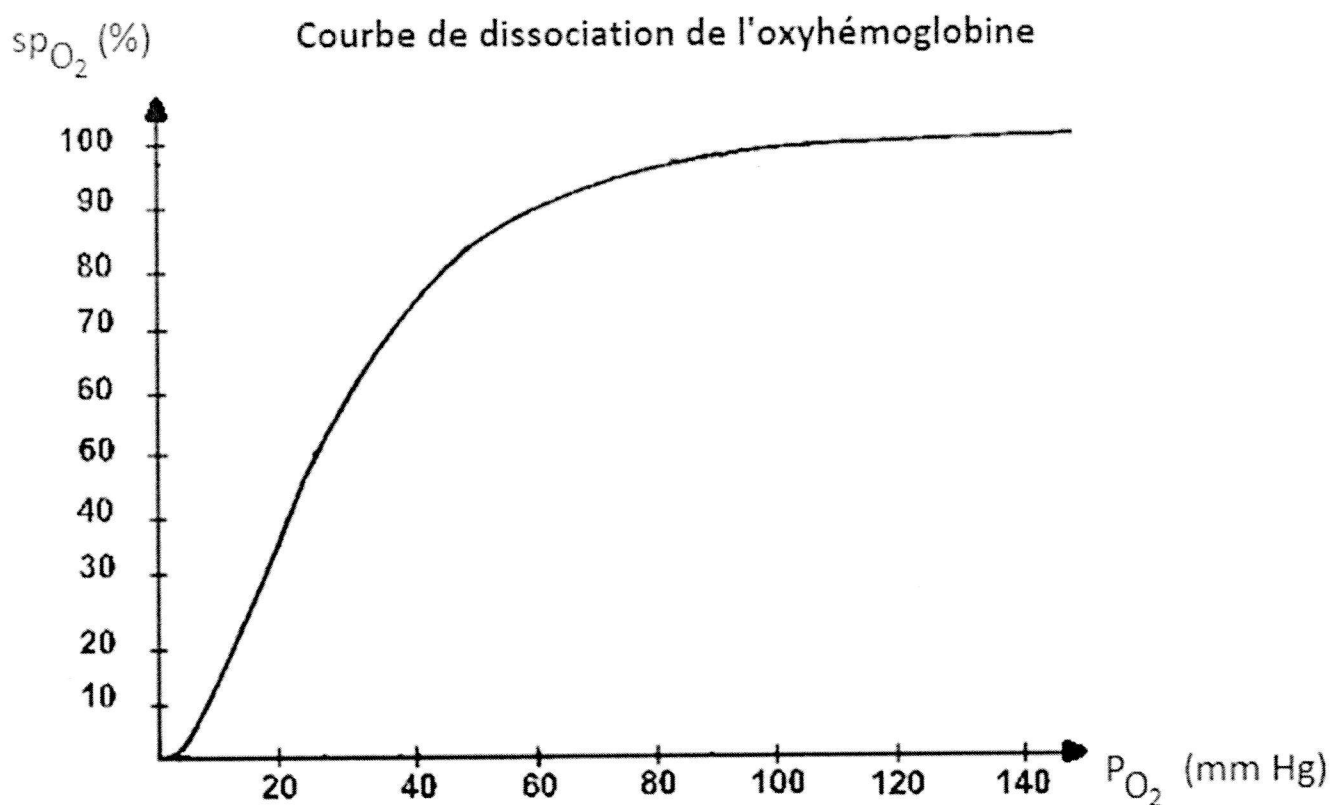
- Q15.** Déterminer la valeur de l'enthalpie standard $\Delta_r H^\circ$ de la réaction à 298 K. Indiquer si son signe est cohérent au regard de la respiration cellulaire décrite plus haut.
- Q16.** À pression constante, préciser avec justification quel est l'effet d'une baisse de la température sur l'équilibre du système.
- Q17.** En déduire quelle peut être la conséquence sur l'organisme d'une baisse de la température corporelle.

BTS Analyses de Biologie Médicale		Session 2022
E3 – U3 : Sciences physiques et chimiques	22ABE3SPC1	Page 8 sur 10

ANNEXES

À rendre avec la copie

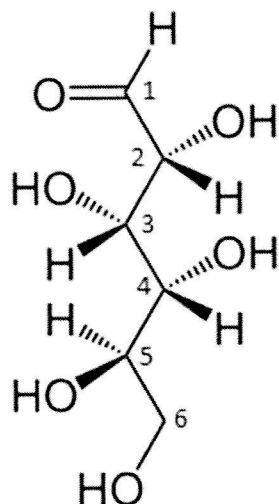
Annexe 1 (question Q8.1.)



Source : <https://campus.cerimes.fr>

Annexe 2 (questions Q9. et Q10.)

Représentation de Cram du D-glucose :



ANNEXES (suite)
À rendre avec la copie

Annexe 3 (question Q12.)

Courbe représentative de l'évolution du pouvoir rotatoire du D-glucose en fonction de la concentration massique du glucose pour une cuve de longueur $\ell = 20$ cm :

