

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL BLANC

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 6

L'usage d'une calculatrice EST autorisé

Ce sujet comporte trois exercices sur 13 pages dont l'annexe à rendre avec la copie en page 5.

- I. UN SPORT DE CONTACT ET D'ÉVITEMENT (10 POINTS)**
- II. CATALYSEUR ENZYMATIQUE (5 POINTS)**
- III. TEST D'EFFORT (5 POINTS)**

EXERCICE I : UN SPORT DE CONTACT ET D'ÉVITEMENT

Le rugby est un sport d'équipe qui s'est développé dans les pays anglo-saxons à la fin du XIX^{ème} siècle.

Pour simplifier l'étude, les joueurs et le ballon seront supposés ponctuels.

Les parties 1 et 2 sont indépendantes.

1. Le rugby, sport de contact

Document 1 : le plaquage

Il y a « plaquage » lorsqu'un joueur porteur du ballon, sur ses pieds dans le champ de jeu, est simultanément tenu par un ou plusieurs adversaires, qu'il est mis au sol et/ou que le ballon touche le sol. Ce joueur est appelé « joueur plaqué ».

Un joueur A de masse $m_A = 115 \text{ kg}$ et animé d'une vitesse $v_A = 5,0 \text{ m.s}^{-1}$ est plaqué par un joueur B de masse $m_B = 110 \text{ kg}$ et de vitesse négligeable.

- 1.1. Dans quel référentiel les vitesses sont-elles définies ?
- 1.2. On suppose que l'ensemble des deux joueurs est un système isolé.
Exprimer, en justifiant le raisonnement, la vitesse des deux joueurs liés après l'impact puis calculer sa valeur.

2. Le rugby, sport d'évitement.

Document 2 : La chandelle

Au rugby, une « chandelle » désigne un coup de pied permettant d'envoyer le ballon en hauteur par-dessus la ligne de défense adverse. L'objectif pour l'auteur de cette action est d'être au point de chute pour récupérer le ballon derrière le rideau défensif.

On se place dans le référentiel terrestre supposé galiléen.

Le champ de pesanteur terrestre est considéré uniforme, de valeur $g = 9,81 \text{ N.kg}^{-1}$.

On négligera toutes les actions dues à l'air.

Le joueur A est animé d'un mouvement rectiligne uniforme de vecteur vitesse \vec{v}_1 .

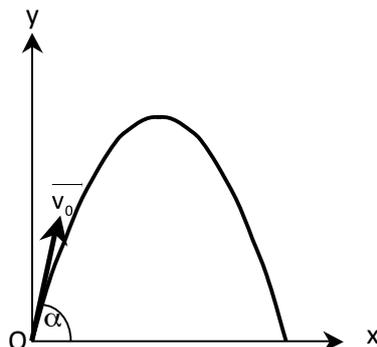
Afin d'éviter un plaquage, il réalise une chandelle au-dessus de son adversaire.

On définit un repère (O, \vec{i}, \vec{j}) :

- origine : position initiale du ballon ;
- vecteur unitaire \vec{i} de même direction et de même sens que \vec{v}_1 ;
- vecteur unitaire \vec{j} vertical et vers le haut.

À l'instant $t = 0$ s, le vecteur vitesse du ballon fait un angle α égal à 60° avec l'axe Ox et sa valeur est $v_0 = 10,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Le graphique ci-dessous représente la trajectoire du ballon dans le repère choisi.



2.1. Étude du mouvement du ballon.

2.1.1. Établir les coordonnées a_x et a_y du vecteur accélération du point M représentant le ballon.

2.1.2. Etablir les équations horaires du mouvement du point M.

2.1.3. Montrez qu'elles sont cohérentes avec les expressions numériques suivantes:

$$x(t) = 5,0 \times t \text{ et } y(t) = -4,90 \times t^2 + 8,66 \times t$$

2.1.4. Montrez l'équation de la trajectoire du point M s'écrit:

$$y(x) = -\frac{1}{2} \times \frac{g \times x^2}{V_0^2 \times (\cos \alpha)^2} + \tan \alpha \times x$$

2.1.5. Le tableau de **l'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE** rassemble les représentations graphiques de l'évolution dans le temps des grandeurs x , y , v_x et v_y , coordonnées des vecteurs position et vitesse du point M.

Dans le tableau de **l'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**, écrire sous chaque courbe l'expression de la grandeur qui lui correspond et justifier.

2.2. Une « chandelle » réussie

2.2.1. Déterminer par le calcul le temps dont dispose le joueur pour récupérer le ballon avant que celui-ci ne touche le sol.

Vérifier la valeur obtenue en faisant clairement apparaître la réponse sur l'un des graphes du tableau de **l'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**.

2.2.2. Déterminer de deux manières différentes la valeur de la vitesse v_1 du joueur pour que la chandelle soit réussie.

2.2.3. Etablir que la valeur de la hauteur maximale atteinte par le ballon (h_{\max}) est donnée par la formule:

$$h_{\max} = \frac{V_0^2 \times (\sin \alpha)^2}{2 \times g}$$

2.2.4. Calculer la valeur de h_{\max} et vérifier qu'on la retrouve sur l'un des graphes du tableau de **l'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**.

ANNEXE À DETACHER ET À RENDRE AVEC LA COPIE

EXERCICE II : LE RUGBY, SPORT DE CONTACT ET D'EVITEMENT

Tableau rassemblant les représentations graphiques de l'évolution dans le temps des grandeurs x , y , v_x et v_y .

<p>Équation :</p> <p>Justification :</p>	<p>Équation :</p> <p>Justification :</p>
<p>Équation :</p> <p>Justification :</p>	<p>Équation :</p> <p>Justification :</p>

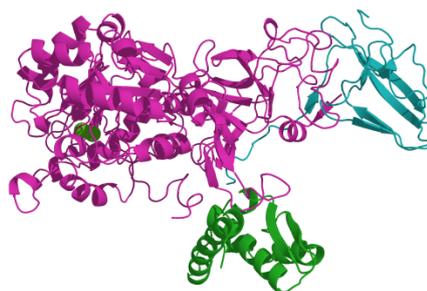
EXERCICE II : CATALYSEUR ENZYMATIQUE

L'uréase est une enzyme découverte par J-B Summer en 1926. Elle joue un rôle important au sein des organismes vivants dans la décomposition d'une molécule organique, l'urée. On trouve l'uréase dans des organismes végétaux (comme le haricot sabre) mais également dans des bactéries pathogènes (telles que *Helicobacter pylori*).



Haricot sabre

Une enzyme est une macromolécule. Les différentes parties de cette molécule sont liées entre elles notamment par des liaisons hydrogène qui se forment plus ou moins facilement suivant la température. Ces liaisons conduisent à la formation d'une structure tridimensionnelle présentant de nombreux replis (voir image ci-contre). La réaction, que catalyse l'enzyme, se produit au sein de l'un de ces replis appelé alors site actif.



Structure 3D de l'uréase

L'objectif de cet exercice est l'étude du rôle de l'uréase et de l'influence de certains paramètres sur son activité.

Données :

- couples acide/base : H_3O^+ (aq) / H_2O (l) ; NH_4^+ (aq) / NH_3 (aq)
- pK_a du couple NH_4^+ (aq) / NH_3 (aq) = 9,2

Document 1. Influence de la température sur l'activité enzymatique

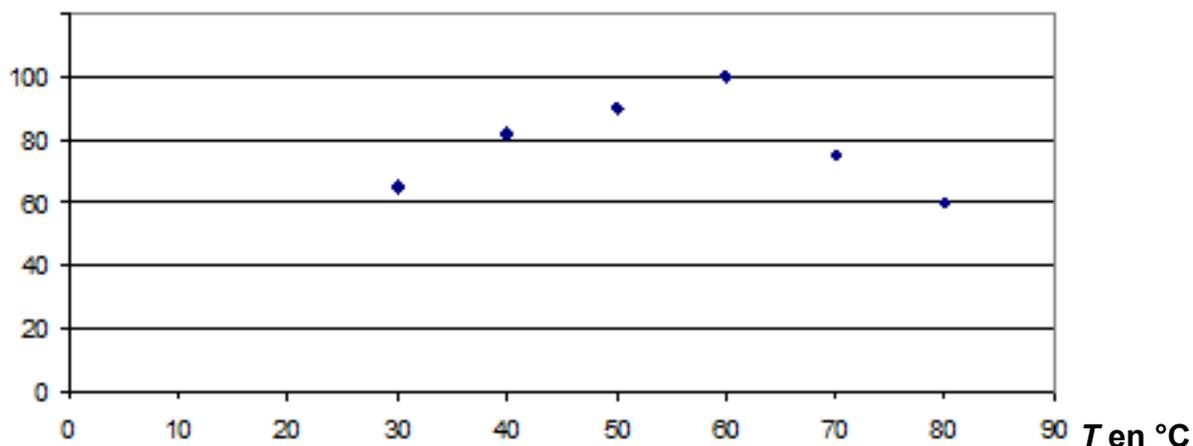
La cinétique de la réaction catalysée est directement liée à l'activité de l'uréase : plus l'activité est grande, plus la réaction est rapide. L'activité relative, représentée sur le graphe en page suivante, est le rapport de l'activité de l'enzyme sur son activité maximale, dans des conditions fixées de température, de pH et pour une quantité d'enzyme donnée.

Condition expérimentale : pH = 7,0 (solution tampon au phosphate de concentration molaire 20 mmol.L⁻¹)

suite du document 1. en page suivante.

Document 1 (suite)

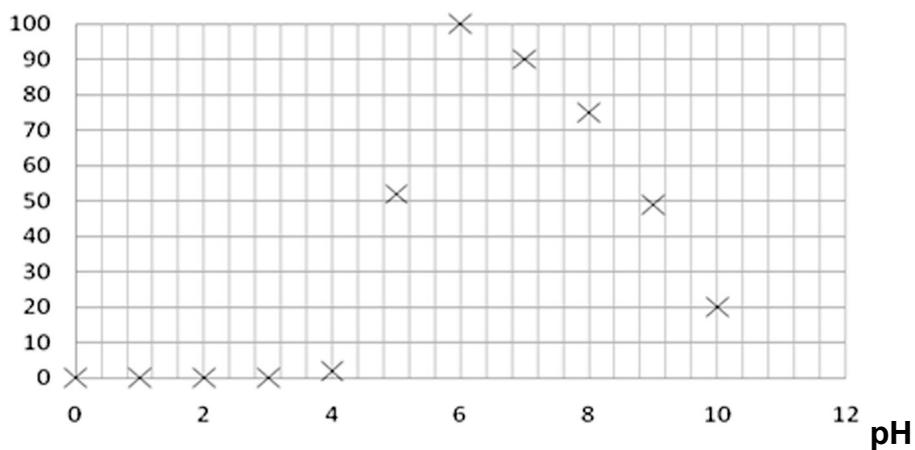
Activité relative (en pourcentage) de l'uréase en fonction de la température



Document 2. Influence du pH sur l'activité enzymatique

Condition expérimentale : température $T = 30^{\circ}\text{C}$

Activité relative (en pourcentage) de l'uréase en fonction du pH



D'après le site <http://www.toyobospusa.com/enzyme-URH-201.html>

1. Activité enzymatique de l'uréase

L'urée ($\text{NH}_2 - \text{CO} - \text{NH}_2$) réagit avec l'eau pour former de l'ammoniac NH_3 et du dioxyde de carbone.

Au laboratoire, on réalise deux expériences :

- On dissout de l'urée dans de l'eau. Aucune réaction ne semble avoir lieu. Le temps de demi-réaction est estimé à 60 ans.
- On dissout de l'urée dans de l'eau en présence d'uréase. Il se forme quasi-immédiatement les produits attendus. Le temps de demi-réaction vaut 2×10^{-5} s.

1.1. L'uréase, un catalyseur

1.1.1. Écrire l'équation de la réaction chimique entre l'urée et l'eau.

1.1.2. Rappeler la définition du temps de demi-réaction.

1.1.3. En quoi les résultats des expériences permettent-ils de considérer l'uréase comme un catalyseur ?

1.2. Effet de la température sur l'activité enzymatique

1.2.1. Quelle est en général l'influence de la température sur la cinétique d'une réaction chimique ?

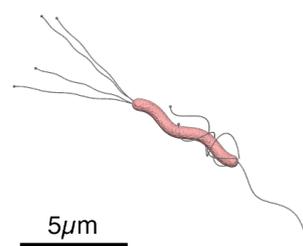
1.2.2. En utilisant le **document 1**, décrire l'influence de la température sur la cinétique de la réaction catalysée.

1.2.3. À l'aide du texte introductif, comment peut-on expliquer la différence entre le cas général (question 1.2.1) et celui décrit à la question 1.2.2. ?

2. L'uréase dans le milieu stomacal

La bactérie Helicobacter pylori (H.pylori) est responsable de la plupart des ulcères de l'estomac chez l'Homme. On souhaite savoir comment elle réussit à survivre dans un milieu très acide, comme l'estomac, en attendant de rejoindre la muqueuse stomacale où elle pourra se développer.

Dans la H.pylori, la réaction de production de l'ammoniac à partir de l'urée se fait selon le processus présenté dans la première partie « Activité enzymatique de l'uréase ».



Helicobacter pylori

2.1. Le contenu de l'estomac est un milieu très acide qui peut être considéré comme une solution d'acide chlorhydrique de concentration $1,0 \times 10^{-2}$ mol.L⁻¹. Sachant que l'acide chlorhydrique est un acide fort, calculer le pH de ce milieu.

2.2. À ce pH, quelle espèce chimique du couple $\text{NH}_4^+(\text{aq}) / \text{NH}_3(\text{aq})$ prédomine ? Justifier la réponse.

2.3. La bactérie utilise son uréase pour catalyser la réaction de l'urée avec l'eau, ainsi elle sécrète de l'ammoniac dans son environnement proche. Dans l'estomac, l'ammoniac réagit avec les ions H_3O^+ selon l'équation chimique : $\text{NH}_3(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$

Quelle est la conséquence de la sécrétion d'ammoniac par la bactérie sur le pH de la solution autour d'elle ?

2.4. L'enzyme sécrétée par la bactérie *H.pylori* n'est pas l'uréase seule mais une association de l'uréase avec d'autres entités chimiques. En quoi le **document 2** illustre-t-il le fait que l'uréase seule ne peut pas agir dans l'estomac ?

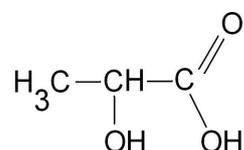
EXERCICE III : TEST D'EFFORT

Des tests d'effort sont pratiqués par des vétérinaires afin d'évaluer la condition physique des chevaux. Celle-ci est liée à l'apparition d'acide lactique dans les muscles pouvant entraîner des crampes douloureuses après un exercice physique prolongé. L'acide lactique est également à la base de la fabrication d'un polymère biodégradable, l'acide polylactique, utilisé en chirurgie vétérinaire pour réaliser des sutures.

Les parties 1 et 2 sont indépendantes.

1. L'acide lactique

La formule semi-développée de l'acide lactique est la suivante :



1.1. Étude de la molécule d'acide lactique

1.1.1. Donner la formule topologique de cet acide.

1.1.2. Entourer sur la représentation précédente les groupes caractéristiques présents dans la molécule et les nommer.

1.2. Analyse spectroscopique

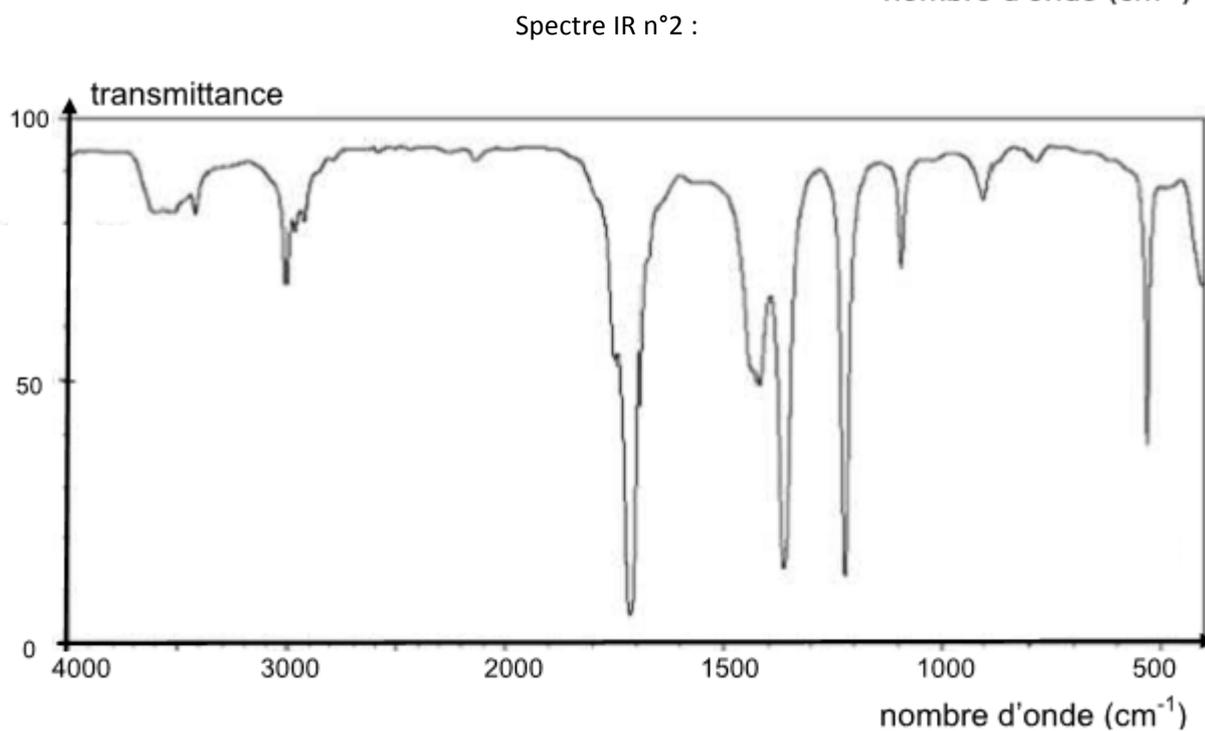
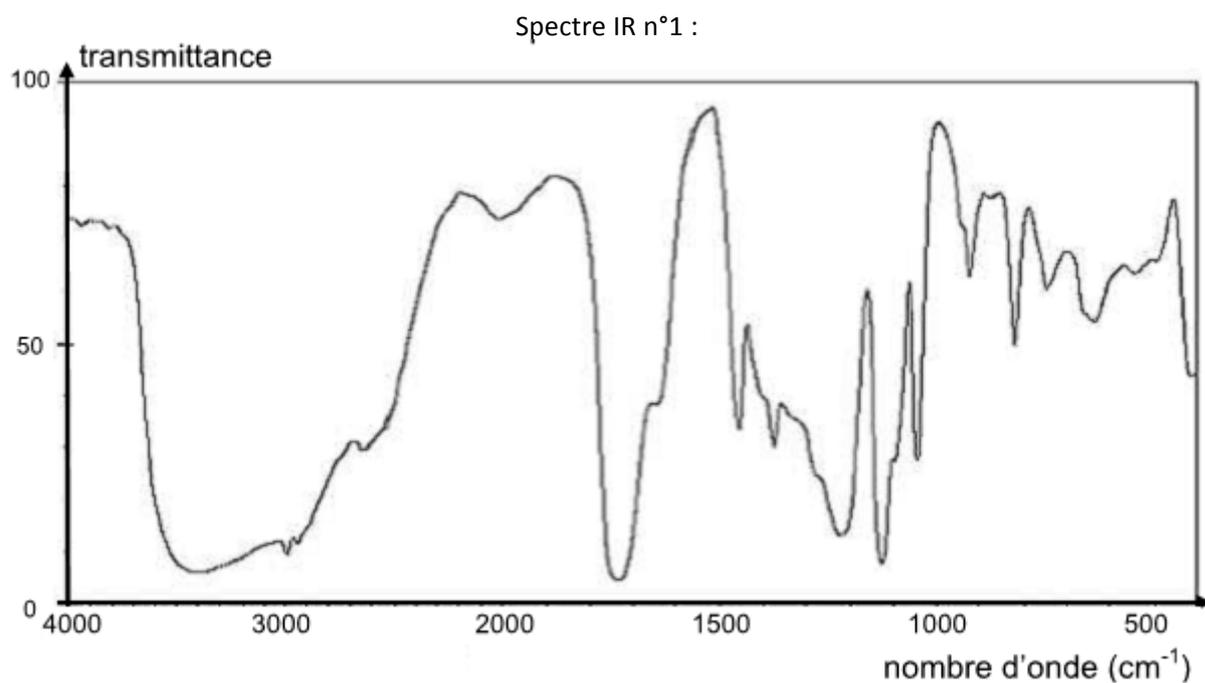
1.2.1. Parmi les spectres IR proposés dans le document 1 ci-après, choisir en justifiant celui correspondant à l'acide lactique.

1.2.2. Prévoir, en justifiant la réponse, le nombre de signaux présents dans le spectre RMN de l'acide lactique ainsi que leur multiplicité.

Donnée : bandes d'absorption en spectroscopie IR

Liaison	C-C	C=O	O-H (acide carboxylique)	C-H	O-H (alcool)
Nombre d'onde (cm ⁻¹)	1000 - 1250	1700 - 1800	2500 - 3200	2800 - 3000	3200 - 3700

Document 1 : Spectres IR



2. Test d'effort d'un cheval

Le test d'effort d'un cheval est constitué de plusieurs phases. Durant chacune d'elles, le cheval se déplace à une vitesse constante qui est augmentée d'une phase à l'autre et on mesure sa fréquence cardiaque ainsi que sa vitesse. Une prise de sang est effectuée à l'issue de chaque temps d'effort afin de doser l'acide lactique.

Donnée : masse molaire de l'acide lactique : $90,0 \text{ g.mol}^{-1}$.

2.1. Dosage de l'acide lactique après une phase du test :

Le cheval court durant trois minutes à la vitesse de 500 m/min. Un vétérinaire prélève ensuite sur ce cheval un volume $V = 1,00 \text{ mL}$ de sang dont il extrait l'acide lactique. Cet acide est dissous dans l'eau pour obtenir une solution S de volume : $V_S = (50,00 \pm 0,05) \text{ mL}$. Il réalise le dosage de la totalité de cette solution S par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+_{(aq)} + \text{HO}^-_{(aq)}$) de concentration molaire : $C_1 = (1,00 \pm 0,01) \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$. L'équivalence est obtenue pour un volume de solution d'hydroxyde de sodium ajoutée $V_E = (4,0 \pm 0,4) \text{ mL}$.

2.1.1. Écrire l'équation de la réaction support du dosage en utilisant la notation AH pour l'acide lactique.

2.1.2. Exprimer la concentration molaire C_S en acide lactique de la solution S puis calculer sa valeur.

2.1.3. L'incertitude relative d'une grandeur X est définie par le rapport $\frac{U(X)}{X}$.

On admet qu'une incertitude relative est négligeable devant une autre, si elle est environ dix fois plus petite. Dans l'hypothèse où les incertitudes relatives sur V_S et C_1 sont négligeables devant celle sur V_E , on admet que l'incertitude relative $\frac{U(C_S)}{C_S}$ est égale à $\frac{U(V_E)}{V_E}$.

Déterminer l'encadrement de la concentration molaire en acide lactique C_S obtenue par le vétérinaire.

2.1.4. En déduire l'encadrement de la concentration molaire C en acide lactique dans le sang du cheval.

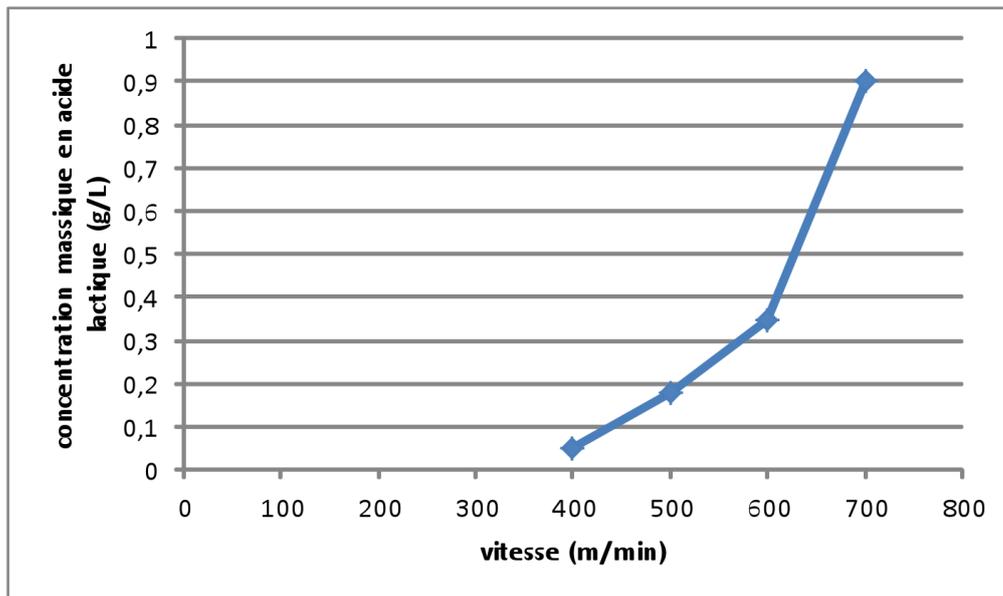
2.2. Évaluation de la condition physique du cheval

Le cheval a subi un test similaire trois semaines auparavant.

À l'aide des documents 2 et 3, déterminer si le cheval examiné par le vétérinaire est actuellement en meilleure forme que trois semaines auparavant.

Donnée : Pour une vitesse donnée, un cheval est d'autant plus performant que la concentration en acide lactique de son sang est faible.

Document 2 : Concentration massique en acide lactique à l'issue de différentes phases d'un test d'effort en fonction de la vitesse, pour un test réalisé trois semaines auparavant.



Document 3 : « paramètre V4 »

Le « paramètre V4 » est défini par la valeur de la vitesse qui correspond à une concentration en acide lactique de $0,36 \text{ g.L}^{-1}$. Ce paramètre est assimilable à un seuil de fatigue. Il dépend de l'âge du cheval, de son niveau d'entraînement et de sa capacité individuelle à l'effort.

D'après <http://pegase.mayenne>.

FIN DE L'ÉPREUVE : N'oubliez pas de rendre l'annexe en page 5