

## BACCALAURÉAT BLANC - MARS 2024

ÉPREUVE DE SPÉCIALITÉ

# PHYSIQUE - CHIMIE

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30

COEFFICIENT : 16

**L'usage des calculatrices est autorisé :**

- soit avec une calculatrice programmable avec le mode examen activé,
- soit avec une calculatrice non programmable (calculatrice "collège").

**Le sujet comporte 9 pages numérotées de 1 à 9.**

**Les deux exercices sont indépendants l'un de l'autre :**

**Exercice A : Un "jet de 7 mètres" au handball (11 points)**

- Partie I : Étude du mouvement d'un ballon lors du tir au-dessus du gardien (7 points)
- Partie II : Étude des ondes sonores produites par le sifflet de l'arbitre (4 points)

**Exercice B : L'importance de la vitamine C (9 points)**

**Indiquer le nom de votre professeur de spécialité en haut à droite de votre copie.**  
**L'annexe en fin de sujet est à rendre avec la copie même si elle n'a pas été complétée.**  
**Ne pas joindre le reste du sujet.**

### EXERCICE A : UN "JET DE 7 MÈTRES" AU HANDBALL (11 POINTS)



Lors du match de handball opposant le club du HBC Nantes à l'US Ivry en 2020 au palais des sports de Beaulieu, le joueur nantais Valero Rivera se trouve face au gardien adverse pour un "jet de 7 mètres", le joueur étant placé à 7 mètres du but, l'équivalent du pénalty au football.

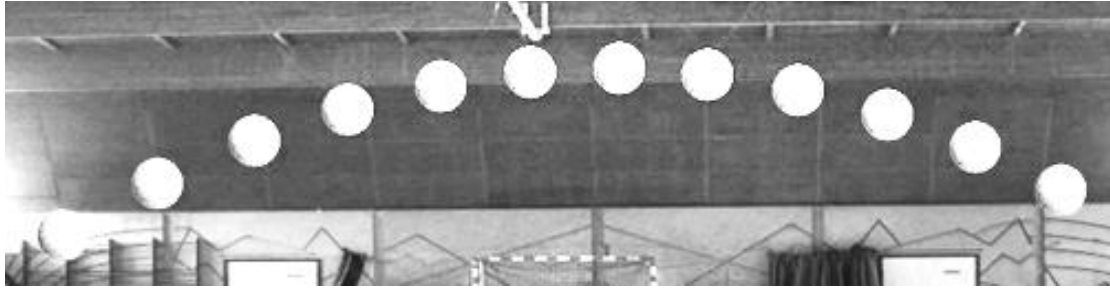
Parmi les diverses options de tir qui s'offrent à lui, il choisit le lob, une trajectoire en cloche au-dessus du gardien avancé.

Les objectifs de l'exercice sont, dans une première partie, d'étudier le mouvement d'un ballon lors d'un tir similaire filmé, et dans une seconde partie, d'étudier quelques caractéristiques des ondes sonores perçues à l'intérieur du palais des sports.

**Les deux parties de cet exercice sont indépendantes.**

## PARTIE I : ÉTUDE DU MOUVEMENT D'UN BALLON LORS DU TIR AU-DESSUS DU GARDIEN (7 POINTS)

Un "jet de 7 mètres" a été reproduit et filmé au gymnase, la chronophotographie du mouvement du ballon est la suivante :

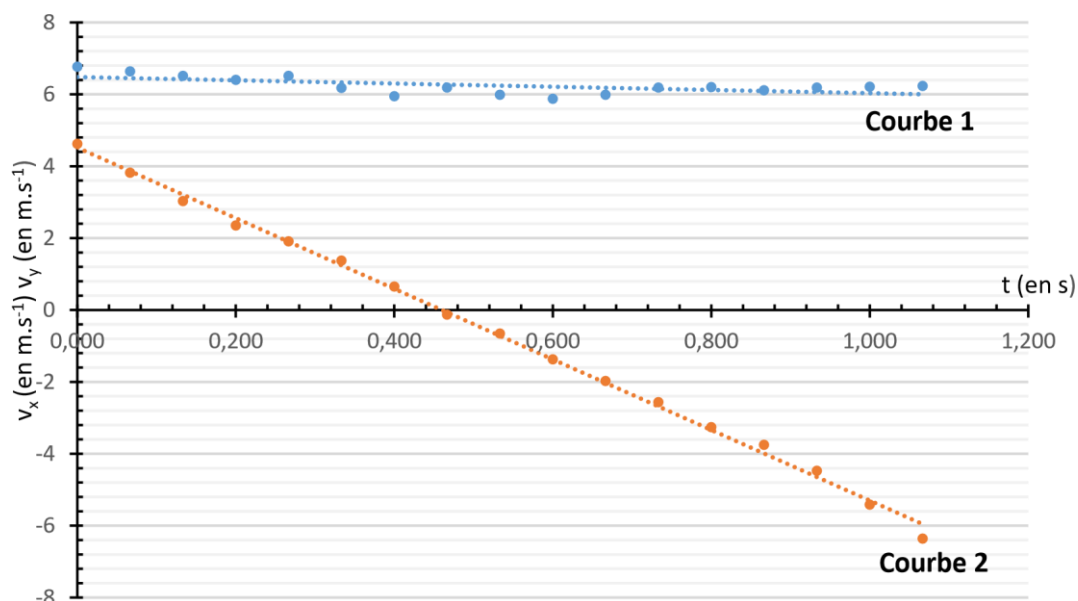
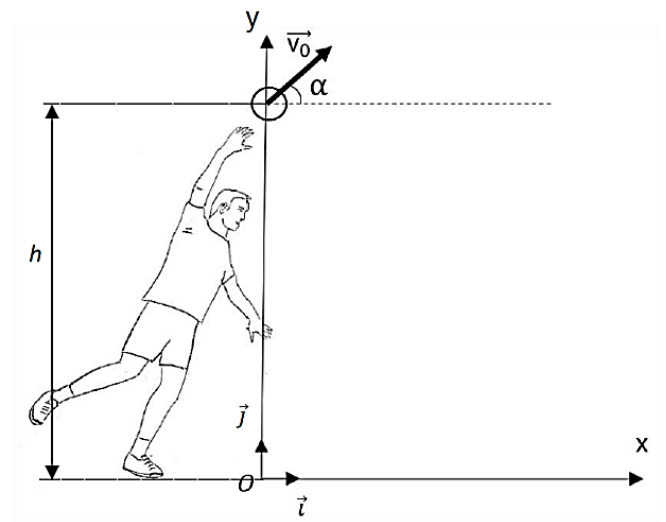


### Données :

- intensité du champ de pesanteur terrestre :  $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$
- constante universelle de gravitation :  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3.\text{kg}^{-1}.\text{s}^{-2}$
- hauteur de la barre transversale d'un but de handball :  $2,0 \text{ m}$

### Dans cette étude :

- Le système étudié est le ballon.
- Les coordonnées de la position du centre de masse G du ballon sont notées  $(x ; y)$  dans le repère  $R(O, \vec{i}, \vec{j})$
- Dans ce repère, les coordonnées du vecteur vitesse du ballon sont notées  $(v_x ; v_y)$  et celles de son vecteur accélération sont notées  $(a_x ; a_y)$ .
- Le vecteur vitesse initiale  $\vec{v}_0$  du ballon forme un angle  $\alpha$  avec l'horizontale.
- L'action de l'air sur le ballon est négligée.
- L'instant  $t = 0$  correspondant à l'origine des dates est choisi juste après que le ballon a quitté la main du tireur. À cet instant, les coordonnées du centre de masse G du ballon sont :  $(x_0 = 0 ; y_0 = h = 2,34 \text{ m})$
- Les courbes représentant les coordonnées du vecteur vitesse au cours du temps, après étalonnage du repère et pointage des positions successives du centre du ballon, sont données ci-dessous :



*Évolution des coordonnées  $V_x$  et  $V_y$  du vecteur vitesse au cours du temps*

1. Nommer le référentiel dans lequel la trajectoire du ballon est observée sur la chronophotographie.
2. En précisant certaines hypothèses, établir l'expression du vecteur accélération du centre de masse du ballon lors du tir.  
Établir les coordonnées de ce vecteur dans le repère  $R(O, \vec{i}, \vec{j})$ .
3. Parmi les expressions proposées pour l'intensité du champ de pesanteur terrestre, déterminer par analyse dimensionnelle celle qui est homogène (on note  $M_T$  la masse de la Terre et  $R_T$  son rayon).

$$\textcircled{a} \quad g = \frac{G.M_T^2}{R_T} \quad \textcircled{b} \quad g = \frac{G.M_T}{R_T^2} \quad \textcircled{c} \quad g = \frac{G + M_T}{R_T^2}$$

4. Montrer que les expressions des coordonnées du vecteur vitesse du centre de masse du ballon lors du tir sont :

$$\begin{cases} v_x(t) = v_0 \cdot \cos(\alpha) \\ v_y(t) = -g \cdot t + v_0 \cdot \sin(\alpha) \end{cases}$$

5. Sur le graphique représentant l'évolution des coordonnées du vecteur vitesse au cours du temps, identifier la courbe correspondant à  $v_x$  et celle correspondant à  $v_y$ . Justifier.
6. Calculer à partir de ces courbes la norme  $v_0$  du vecteur vitesse initiale, ainsi que la valeur de l'angle  $\alpha$ .
7. Établir les équations horaires  $x(t)$  et  $y(t)$  du mouvement lors du tir.
8. En déduire que l'équation  $y(x)$  de la trajectoire s'écrit :

$$y(x) = -\frac{g}{2 \cdot v_0^2 \cdot \cos^2(\alpha)} x^2 + \tan(\alpha) \cdot x + h$$

9. Le gardien étant situé à 4,0 m du tireur, déterminer si le "jet de 7 mètres" étudié permet de marquer un but.  
On considère que le gardien peut atteindre avec son bras levé une hauteur maximale de 2,8m en plein saut.

*Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie, même si elle n'a pas abouti.  
La démarche est évaluée et nécessite d'être correctement présentée.*

## **PARTIE II : ÉTUDE DES ONDES SONORES PRODUITES PAR LE SIFFLET DE L'ARBITRE (4 POINTS)**

Lors d'un "jet de 7 mètres", l'arbitre est placé à proximité du but.

Il donne un bref coup de sifflet pour indiquer au joueur qu'il peut déclencher son tir.

Le niveau d'intensité sonore  $L$  perçu par l'arbitre, dont l'oreille est située à une distance de 15cm du sifflet, est égal à 115dB.

### **Données :**

- le niveau d'intensité sonore, noté  $L$ , est lié à l'intensité sonore  $I$  par la relation :

$$L = 10 \cdot \log\left(\frac{I}{I_0}\right) \text{ avec } \begin{cases} L \text{ exprimé en dB} \\ I \text{ et } I_0 \text{ en } W \cdot m^{-2} \\ I_0 = 1,0 \cdot 10^{-12} W \cdot m^{-2} \text{ (intensité sonore correspondant au seuil d'audibilité)} \end{cases}$$

- une source  $S$ , émettant des ondes sonores de puissance  $P$ , est isotrope si elle émet la même quantité d'énergie dans toutes les directions. L'intensité sonore mesurée, notée  $I$ , dépend alors de la distance  $d$  selon la relation (ou  $d$  exprimée en m est la distance qui sépare le récepteur de la source) :

$$I = \frac{P}{4 \cdot \pi \cdot d^2}$$

- durée limite d'exposition d'un individu sans protection avant dommages :

| Niveau d'intensité sonore | Durée limite d'exposition                                        |
|---------------------------|------------------------------------------------------------------|
| de 120 à 140 dB           | quelques secondes suffisent à provoquer des dégâts irréversibles |
| 107 dB                    | 1 min par jour                                                   |
| 101 dB                    | 4 min par jour                                                   |
| 95 dB                     | 15 min par jour                                                  |
| 92 dB                     | 30 min par jour                                                  |
| 86 dB                     | 2h par jour                                                      |
| 80 dB                     | 8h par jour                                                      |

- 1.** Au cours d'un match, l'arbitre donne environ 200 coups de sifflet.  
La durée moyenne du coup de sifflet est de 0,3s : indiquer si l'arbitre encourt un risque auditif. Justifier.
- 2.** Proposer une solution simple que l'arbitre pourrait envisager pour se protéger. Nommer le type d'atténuation correspondant.
- 3.** Calculer l'intensité sonore  $I$  perçue par l'arbitre sans protection lors du coup de sifflet.
- 4.** Montrer que la puissance de la source sonore constituée par le sifflet est égale à  $P = 8,9 \cdot 10^{-2} \text{W}$ .

Un spectateur proche du terrain est situé à 5,0m de l'arbitre.

On admet que le seul son parvenant à son oreille est celui émis par le sifflet, considéré comme une source isotrope.

- 5.** Déterminer le niveau d'intensité sonore que ce spectateur perçoit.
- 6.** Déterminer la valeur de l'atténuation correspondant à la différence de niveau d'intensité sonore perçue entre l'arbitre et le spectateur à 5,0m. Quel nom donne-t-on à ce type d'atténuation ?

En réalité, le son produit par le sifflet se superpose au bruit ambiant.

En dehors des "pics" de bruit produits par le public manifestant sa joie suite à un but marqué ou par les coups de sifflets de l'arbitre, le niveau d'intensité sonore dû au bruit ambiant, perçu par chaque spectateur, est égal à 75dB.

À 15m de l'arbitre, l'intensité sonore due au son du sifflet a la même valeur que celle due au bruit ambiant.

- 7.** Déterminer le niveau d'intensité sonore global perçu par un spectateur à cette distance.

## EXERCICE B : L'IMPORTANCE DE LA VITAMINE C (9 POINTS)

L'acide ascorbique, communément appelé vitamine C est un antioxydant présent dans de nombreux fruits et légumes.

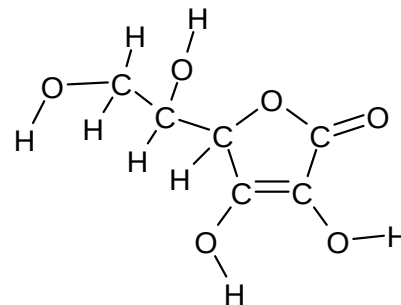
La vitamine C est parfois utilisée dans des cosmétiques pour ses propriétés antioxydantes. Elle est aussi prescrite en complément alimentaire car elle joue un rôle important dans le métabolisme de l'être humain. Elle se dégrade à l'air, à la lumière et en présence d'oxydants.

L'objectif de l'exercice est d'étudier la dégradation de la vitamine C laissée à l'air libre dans un comprimé (**partie I**) ou dans un jus de fruit (**partie II**), puis d'examiner sa présence comme antioxydant dans les cosmétiques (**partie III**).

### Données :

- formule développée de la molécule de vitamine C ou acide ascorbique, voir ci-contre  $\Rightarrow$
- l'acide ascorbique  $C_6H_8O_6$  est un diacide possédant deux couples acido-basiques notés  $AH_2 / AH^-$  et  $AH^- / A^{2-}$  dont les  $pK_A$  respectifs sont :  $pK_{A1} = 4,1$  et  $pK_{A2} = 11,8$
- masse molaire de l'acide ascorbique :  $M = 176,1g.mol^{-1}$
- conductivités molaires ioniques  $\lambda$  à  $25^\circ C$  :

| Ions   | $\lambda$ en $mS.m^2.mol^{-1}$ |
|--------|--------------------------------|
| $Na^+$ | 5,01                           |
| $HO^-$ | 19,9                           |
| $AH^-$ | 3,42                           |



- on rappelle que la conductivité d'une solution se calcule à partir de la loi de Kohlrausch :

$$\sigma = \sum_j \lambda_j \cdot [X_j] \quad \text{où} \quad \begin{cases} X_j \text{ désigne une espèce chimique ionique} \\ \text{et } \lambda_j \text{ la conductivité molaire ionique de cette espèce} \end{cases}$$

- concentration molaire standard :  $c^0 = 1mol.L^{-1}$

### PARTIE I : DÉGRADATION DE LA VITAMINE C DANS UN COMPRIMÉ

La vitamine C est commercialisée sous forme de comprimés à croquer. Ces comprimés sont conditionnés dans des tubes hermétiques et sous emballage protecteur. Cet emballage indique que chaque comprimé contient 250mg d'acide ascorbique.

Un comprimé de vitamine C a été laissé plusieurs jours à l'air libre. La vitamine C qu'il contient a réagi avec le dioxygène de l'air.

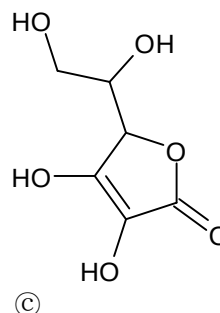
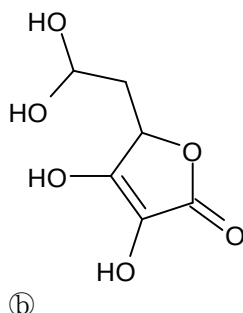
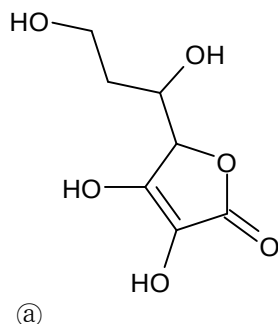
On souhaite déterminer la masse d'acide ascorbique restant dans le comprimé à l'aide d'un titrage avec suivi conductimétrique d'une réaction acido-basique.

Une solution aqueuse  $S_A$  est préparée par dissolution complète d'un comprimé de vitamine C dans l'eau.

Le volume de la solution  $S_A$  est  $V_A = 200,0mL$ .

#### L'ACIDE ASCORBIQUE ET SES COUPLES ACIDE-BASE

1. Parmi les trois propositions ci-dessous, indiquer celle qui correspond à la formule topologique de la vitamine C.



#### PRÉPARATION DE LA SOLUTION TITRANTE

Au laboratoire, on dispose d'une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium de concentration  $C_0 = 0,200mol.L^{-1}$  et de la verrerie suivante :

- fioles jaugées de : 20,0mL / 25,0mL / 50,0mL / 100,0mL / 200,0mL / 250,0mL / 500,0mL / 1000mL
- pipettes jaugées de : 1,0mL / 5,0mL / 10,0mL / 20,0mL

2. Déterminer le volume  $V_0$  de solution d'hydroxyde de sodium de concentration  $C_0$  à prélever afin d'obtenir un volume  $V_B = 200,0mL$  de solution d'hydroxyde de sodium de concentration  $C_B = 1,00.10^{-2}mol.L^{-1}$ .
3. Préciser la verrerie pour mesurer  $V_0$  et  $V_B$ .

## TITRAGE DE LA SOLUTION S<sub>A</sub>

On prélève un volume  $V_A = 20,0\text{mL}$  de la solution aqueuse S<sub>A</sub> que l'on titre par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium, de formule ( $\text{Na}^+ + \text{HO}^-$ ), et de concentration  $C_B = 1,00 \cdot 10^{-2} \text{mol.L}^{-1}$ .

Les couples acide-base mis en jeu sont  $\text{AH}_2 / \text{AH}^-$  pour l'acide ascorbique et  $\text{H}_2\text{O} / \text{HO}^-$ .

Le titrage des 20,0mL de solution S<sub>A</sub> par la solution d'hydroxyde de sodium de concentration  $C_B = 1,00 \cdot 10^{-2} \text{mol.L}^{-1}$  est réalisé.

La conductivité de la solution est relevée en fonction du volume d'hydroxyde de sodium versé.

La courbe de titrage est tracée sur la figure 1 de l'annexe à la fin du sujet.

4. Écrire l'équation de la réaction support du titrage avec les notations simplifiées  $\text{AH}_2$ ,  $\text{AH}^-$  et justifier qu'il s'agit d'une transformation acide-base au sens de Brønsted.
5. En appliquant la loi de Kohlrausch et en s'appuyant sur les conductivités molaires ioniques, justifier le changement de pente observé sur le graphique de la figure 1 de l'annexe à la fin du sujet.
6. Déterminer le volume  $V_{BE}$  à l'équivalence.  
Indiquer les constructions effectuées sur la figure 1 de l'annexe à la fin du sujet **À RENDRE AVEC LA COPIE.**
7. En déduire la valeur de la masse  $m$  de vitamine C dans le comprimé resté à l'air libre et vérifier que cette valeur est comprise entre 170mg et 230mg.
8. Justifier, à partir de l'information fournie par l'emballage au sujet de chaque comprimé, qu'une réaction de la vitamine C a bien eu lieu.

## PARTIE II : ÉTUDE CINÉTIQUE DE LA DÉGRADATION DE LA VITAMINE C DANS UN JUS D'ORANGE

*« La vitamine C est la plus fragile de toutes les vitamines : elle se dégrade rapidement à la chaleur, à l'eau, à l'air et à la lumière.*

*Par exemple, à température ambiante, la moitié de la teneur en vitamine C d'un jus de fruit peut être perdue en 24 heures.*

*En conséquence, les modes de stockage doivent être adaptés de manière à limiter les pertes : les industriels conservent les produits à basse température (inférieure à 5°C) en y adjoignant des agents actifs. »*

*D'après l'AFSSA – Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments*

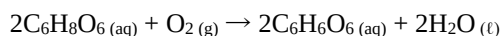
On dispose d'un jus d'orange filtré à la température  $T_1 = 25^\circ\text{C}$ .

À partir de données expérimentales on a modélisé le suivi cinétique de la dégradation de la vitamine C, ou acide ascorbique, dans ce jus d'orange et à cette température (voir figure 2 de l'annexe à la fin du sujet).

### Données :

- L'acide ascorbique est aussi un réducteur et fait partie du couple :  $\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_6(\text{aq}) / \text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6(\text{aq})$
- Le dioxygène est l'oxydant du couple :  $\text{O}_2(\text{g}) / \text{H}_2\text{O}(\text{l})$

1. Écrire les demi-équations correspondant aux couples mis en jeu lors de la dégradation de la vitamine C par le dioxygène de l'air et montrer que l'équation de l'oxydation de la vitamine C s'écrit :



2. Définir la vitesse volumique de disparition de la vitamine C.
3. À partir du graphique de la figure 2 de l'annexe à la fin du sujet, décrire qualitativement l'évolution de la vitesse de disparition de la vitamine C en fonction du temps, à une température donnée, et faire le lien avec un facteur cinétique à préciser.
4. Déterminer graphiquement la vitesse volumique de disparition de la vitamine C à la température  $T_1 = 25^\circ\text{C}$  à la date  $t_1 = 60 \text{ h}$ .  
L'exprimer en  $\text{mmol.L}^{-1}.\text{h}^{-1}$ .  
Indiquer les constructions effectuées sur la figure 2 de l'annexe à la fin du sujet **À RENDRE AVEC LA COPIE.**
5. Définir puis déterminer graphiquement le temps de demi-réaction à la température  $T_1 = 25^\circ\text{C}$  et vérifier que cette valeur est cohérente avec celle annoncée dans le texte introductif de la partie II.  
Indiquer les constructions effectuées sur la figure 2 de l'annexe à la fin du sujet **À RENDRE AVEC LA COPIE.**
6. À partir de la figure 2 de l'annexe à la fin du sujet, en comparant les deux courbes, donner un deuxième facteur cinétique, et indiquer pourquoi il est préférable de ne pas laisser le jus d'orange sur la table du petit déjeuner.

### PARTIE III : VITAMINE C DANS LES CRÈMES

Une crème hydratante est une émulsion constituée d'une phase hydrophobe (comme de l'huile) et d'une phase aqueuse (comme de l'eau). La phase aqueuse apporte de l'eau à la peau. La phase huileuse nourrit la peau et forme une couche grasse qui empêche l'eau de s'évaporer.

Divers additifs peuvent participer à la composition d'une crème :

- la vitamine C, qui est un antioxydant,
- le glycérol, qui est une substance hydratante,
- la paraffine, un filtre solaire, etc.

Lorsque la vitamine C entre dans la composition d'une crème, certaines recommandations sont indiquées, comme, par exemple, celles reproduites dans l'encadré ci-dessous.

**Recommandation n°1** : ne pas combiner la vitamine C avec d'autres produits contenant des ions cuivre  $\text{Cu}^{2+}$ . Cela peut entraîner un changement de couleur de la crème qui peut se traduire par l'apparition de taches colorées sur la peau.

**Recommandation n°2** : pour qu'une crème ou sérum à la vitamine C soit efficace, il faut que la vitamine C soit présente majoritairement sous forme d'acide ascorbique. Il est alors indispensable que le cosmétique contenant de la vitamine C ait un pH acide inférieur ou égal à 3,5.

#### Données :

- couples rédox mis en jeu :  $\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_6(\text{aq}) / \text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6(\text{aq})$  et  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) / \text{Cu}(\text{s})$

- le cuivre solide est de couleur rouge orangé.

- l'équation de l'oxydation de la vitamine C par l'ion  $\text{Cu}^{2+}$  s'écrit :



1. Justifier le fait que des taches colorées peuvent apparaître, comme indiqué dans la **recommandation n°1**.
2. Établir le diagramme de prédominance pour les couples  $\text{AH}_2/\text{AH}^-$  et  $\text{AH}^-/\text{A}^{2-}$ .
3. Évaluer la valeur du rapport  $\frac{[\text{AH}_2]}{[\text{AH}^-]}$  pour la valeur de pH indiquée et justifier la **recommandation n°2** portant sur une valeur de pH à ne pas dépasser.

*Le candidat est invité à présenter sa démarche et à faire preuve d'esprit critique.*

**PAGE BLANCHE LAISSÉE  
INTENTIONNELLEMENT.  
NE RIEN INSCRIRE DESSUS.**



# **ANNEXE DE L'EXERCICE B : À RENDRE AVEC LA COPIE**

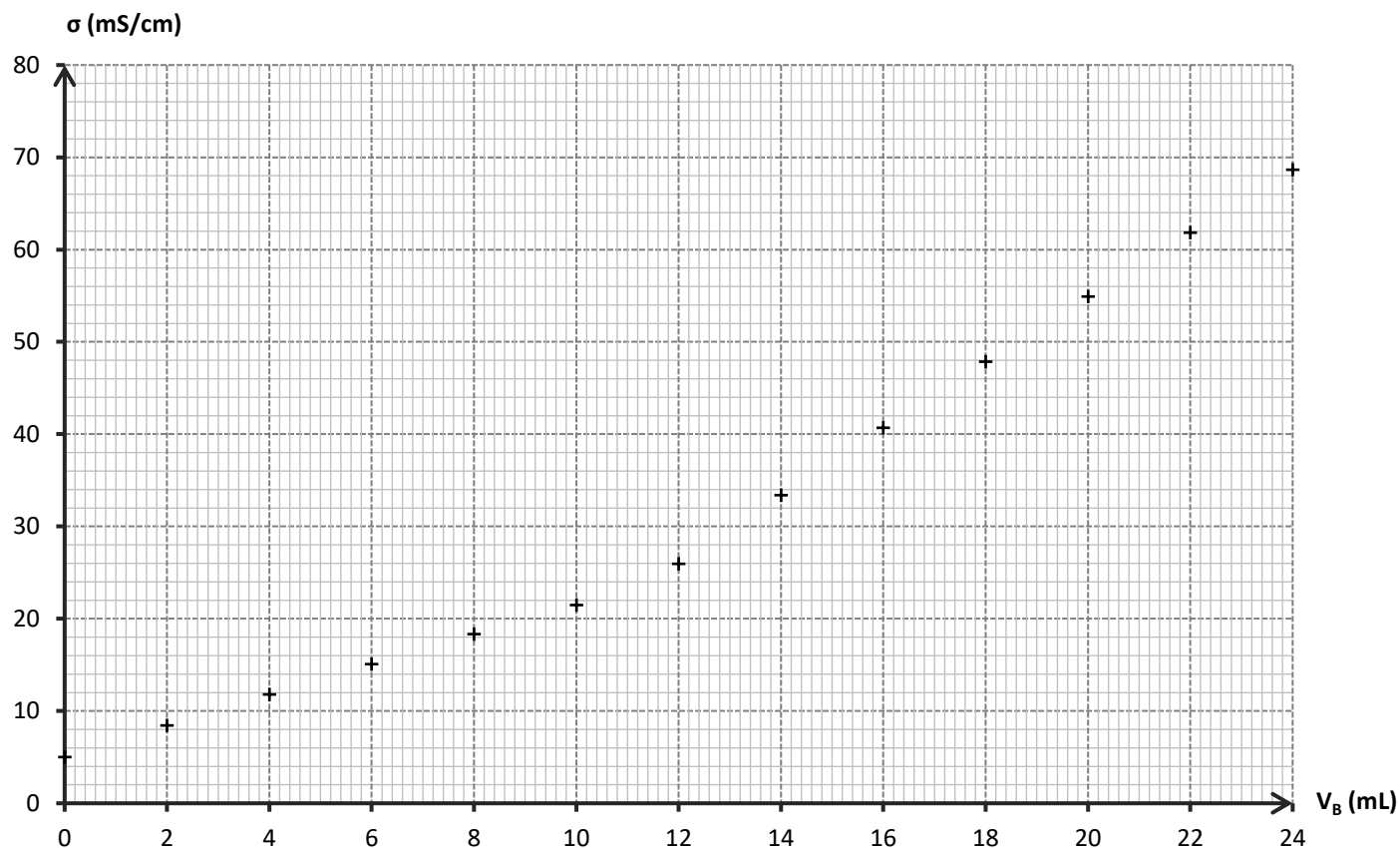


Figure 1 - Conductivité de la solution en fonction du volume de solution d'hydroxyde de sodium versé

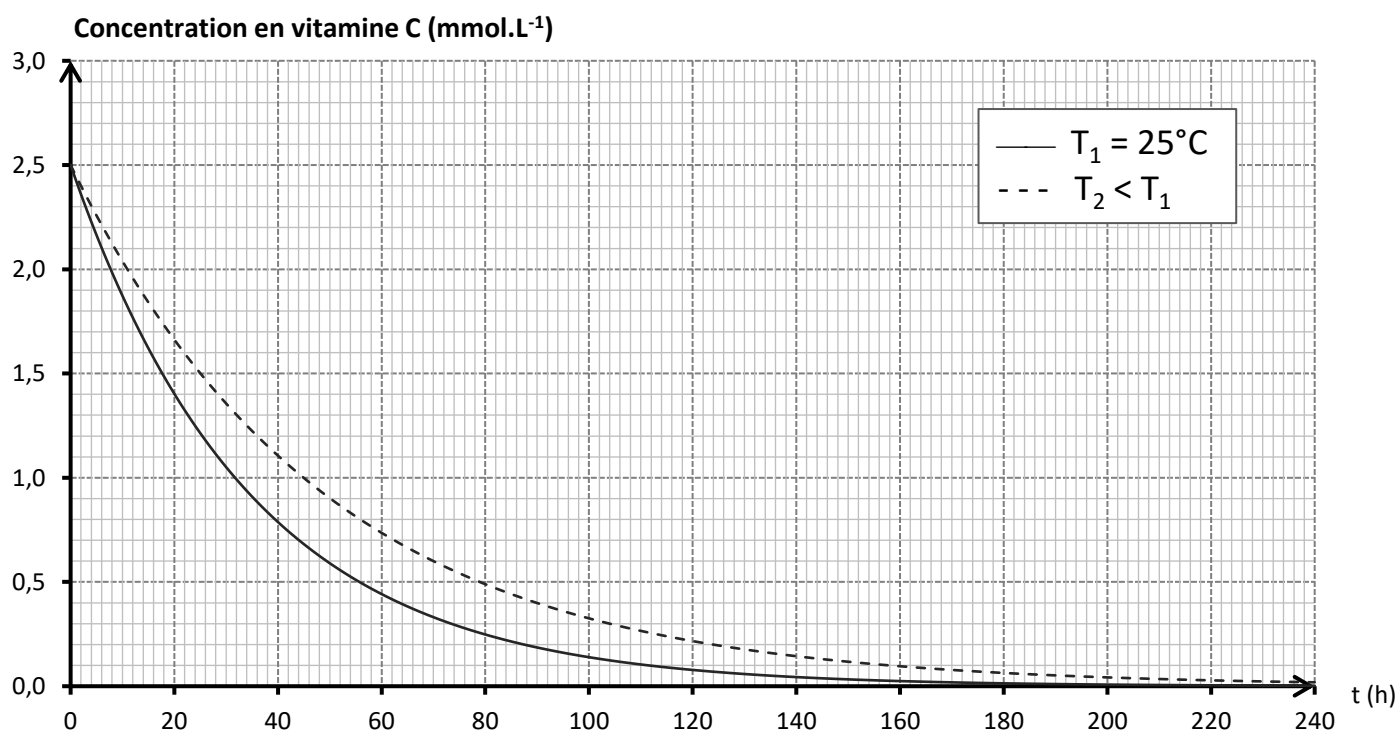


Figure 2 - Modélisation de l'évolution de la concentration en vitamine C au cours du temps dans le jus d'orange pour deux températures différentes