

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL BLANC

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 8

L'usage d'une calculatrice EST autorisé

Ce sujet comporte trois exercices sur 12 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. DESSALEMENT DE L'EAU DE MER (SPECIALITE : 5 POINTS)**

EXERCICE I : UN SPORT DE CONTACT ET D'EVITEMENT

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 $\vec{v}_1$.

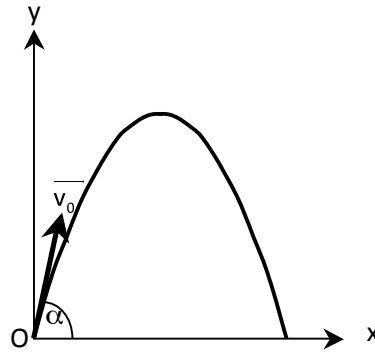
Afin d'éviter un plaquage, il réalise une chandelle au-dessus de son adversaire.

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 $v_0 = 10,0 \text{ m.s}^{-1}$.

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:

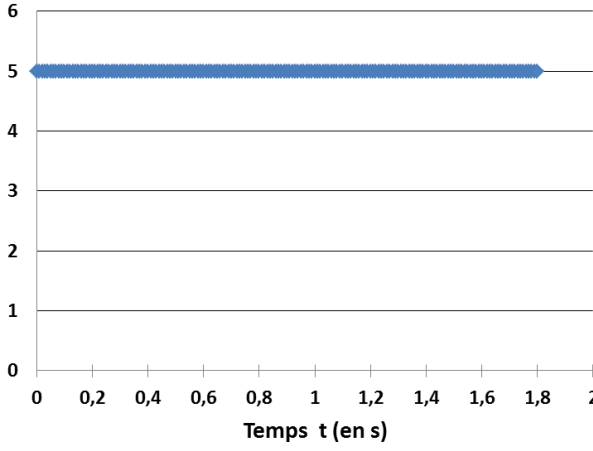
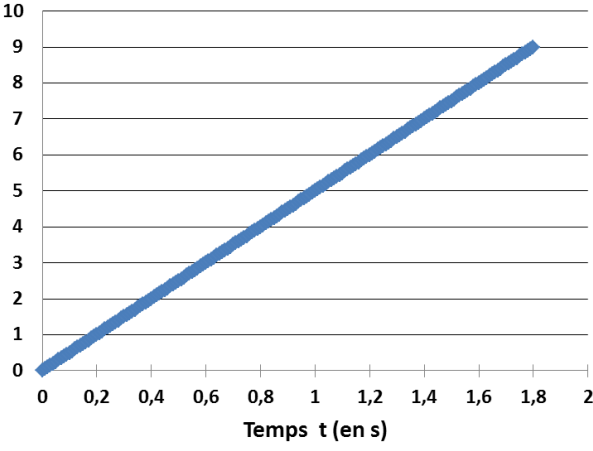
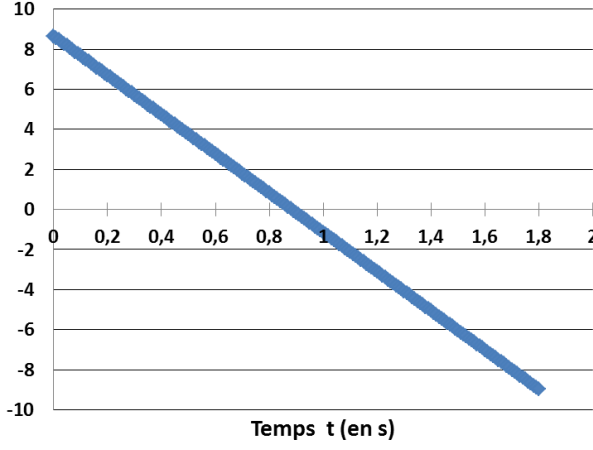
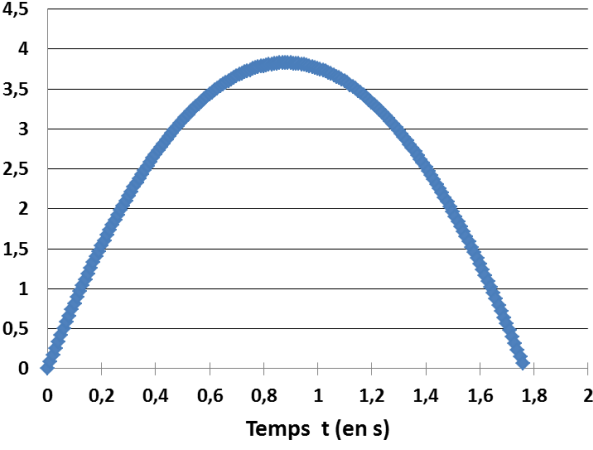
$$h_{\max} = \frac{V_0^2 \times (\sin \alpha)^2}{2 \times g}$$

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 .

 Graph of position x (m) vs time t (s). The y-axis ranges from 0 to 6, and the x-axis ranges from 0 to 2. A horizontal blue line is plotted at $y=5$ from $t=0$ to $t=1.8$.	 Graph of position y (m) vs time t (s). The y-axis ranges from 0 to 10, and the x-axis ranges from 0 to 2. A straight blue line starts at $(0,0)$ and ends at $(1.8,9)$.
Équation : Justification :	Équation : Justification :
 Graph of velocity v_x (m/s) vs time t (s). The y-axis ranges from -10 to 10, and the x-axis ranges from 0 to 2. A straight blue line starts at $(0,9)$ and ends at $(1.8,-9)$.	 Graph of velocity v_y (m/s) vs time t (s). The y-axis ranges from 0 to 4.5, and the x-axis ranges from 0 to 2. A parabolic blue curve starts at $(0,0)$, reaches a maximum of $y=4$ at $t=0.9$, and ends at $(1.8,0)$.
Équation : Justification :	Équation : Justification :

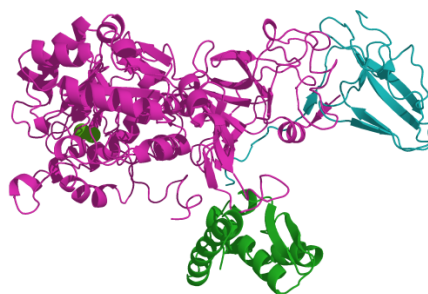
EXERCICE II : CATALYSEUR ENZYMATIQUE

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 : $\text{H}_3\text{O}^+ (\text{aq}) / \text{H}_2\text{O} (\text{l})$; $\text{NH}_4^+ (\text{aq}) / \text{NH}_3 (\text{aq})$
- pK_a du couple $\text{NH}_4^+ (\text{aq}) / \text{NH}_3 (\text{aq}) = 9,2$

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

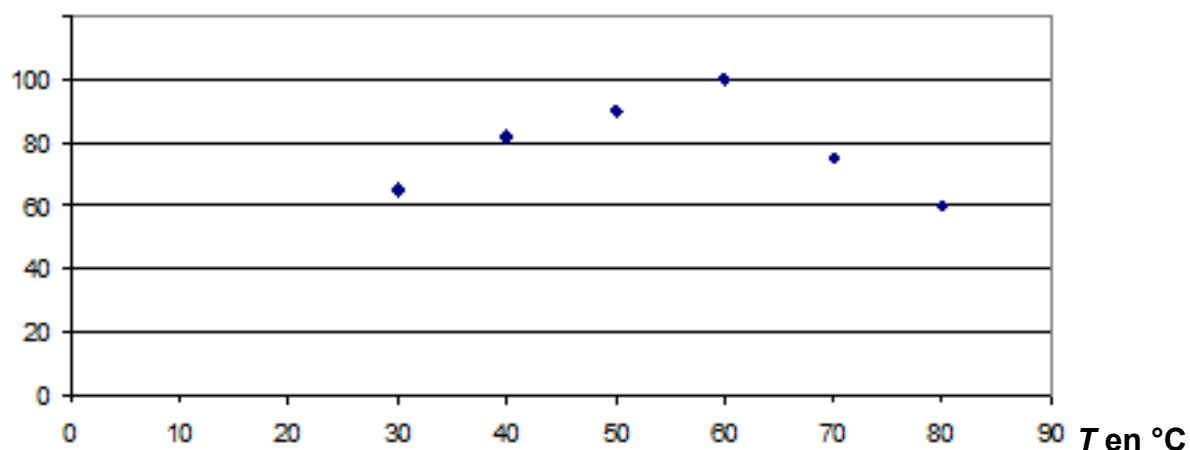
La cinétique de la réaction catalysée est directement liée à l'activité de l'uréase : plus l'activité est grande, plus la réaction est rapide. L'activité relative, représentée sur le graphe en page suivante, est le rapport de l'activité de l'enzyme sur son activité maximale, dans des conditions fixées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

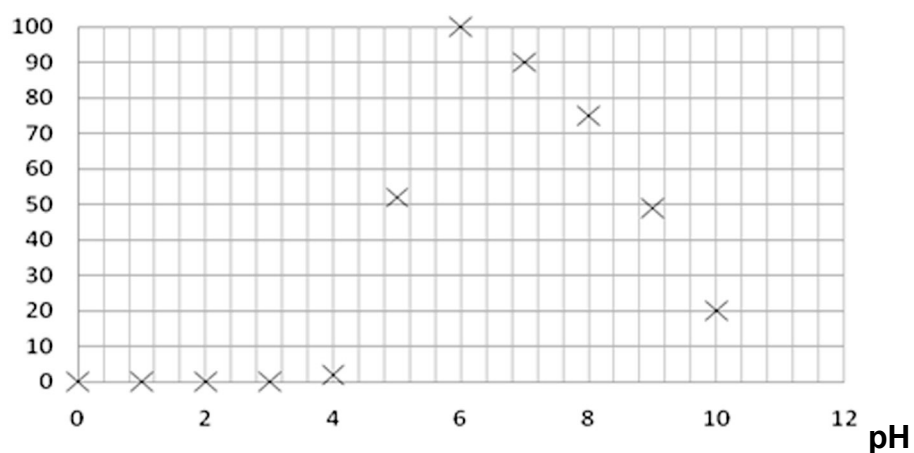
Activité relative (en pourcentage) de l'uréase en fonction de la température



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 ?

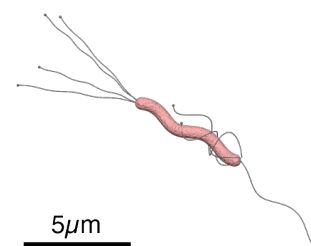
1.2.2. En utilisant le **document 1**, décrire l'influence de la température sur la cinétique de la réaction catalysée.

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 : DESSALEMENT DE L'EAU DE MER

(spécialité, à rédiger sur une copie séparée)

En Europe, des usines de dessalement sont présentes sur les côtes de la mer Méditerranée où l'eau douce est rare, par exemple à Barcelone en Espagne.



On s'intéresse, dans cet exercice, à l'impact environnemental des saumures rejetées dans la mer par ces usines.

On appelle saumure la solution concentrée en composés ioniques obtenue à la fin du processus de dessalement, majoritairement du chlorure de sodium. Les courants marins de la mer Méditerranée sont en général faibles et ne permettent pas une dilution immédiate des saumures rejetées, ce qui peut perturber les écosystèmes marins.



La Posidonie de Méditerranée (*Posidonia Oceanica*) est une plante aquatique qui forme de vastes herbiers entre la surface de l'eau et une profondeur de l'ordre de 40 m. Ces herbiers constituent l'écosystème majeur de Méditerranée et jouent un rôle important dans la protection des côtes contre l'érosion. De nombreux organismes, animaux et végétaux, trouvent protection et alimentation dans ces herbiers.

En Espagne, des études ont montré que la plante à fleurs aquatique *Posidonia Oceanica* est très sensible aux variations du taux de salinité de ses habitats naturels.

Des effets notables sur sa vitalité ont été observés dès que la salinité atteint 37,4 g de sel par kilogramme d'eau de mer.

D'après les sites <http://fr.wikipedia.org> et <http://www.larecherche.fr>

Données :

- Masses molaires atomiques : $M(\text{Cl}) = 35,5 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(\text{Na}) = 23,0 \text{ g.mol}^{-1}$
- Valeur moyenne de la masse volumique de l'eau de la mer Méditerranée :

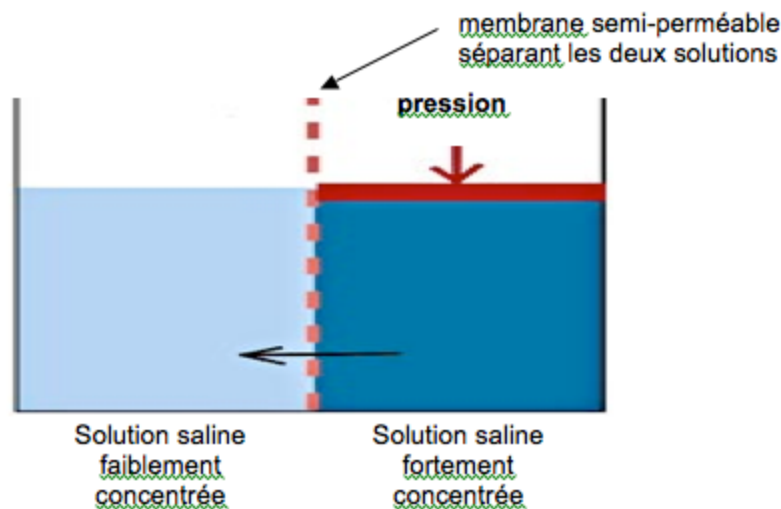
$$\rho = 1027 \text{ kg.m}^{-3}$$

- Osmose inverse :

Dans la nature, l'osmose est un phénomène naturel, essentiel aux équilibres biologiques, qui consiste en la migration de l'eau vers les solutions les plus concentrées. Cet écoulement s'arrête naturellement lorsque le système a atteint l'équilibre.

L'osmose inverse est une technologie de séparation utilisée dans le procédé industriel de dessalement de l'eau de mer. Lorsque l'on applique une pression suffisante sur la solution la plus concentrée, le flux d'eau est alors dirigé en sens inverse, c'est à dire de la solution la plus concentrée vers la solution la moins concentrée.

Schéma de principe de l'osmose inverse :



D'après le site www.polymem.fr

1. On appelle salinité la masse totale de sels dissous dans un kilogramme d'eau de mer. Pour simplifier, on considérera qu'il s'agit uniquement de chlorure de sodium. L'eau de mer de la Méditerranée a une salinité naturelle moyenne de $35,6 \text{ g.kg}^{-1}$.

Déterminer, parmi les valeurs suivantes, celle qui est égale à la concentration molaire moyenne en ions chlorure dans l'eau de mer.

0,609 mol.L⁻¹

0,687 mol.L⁻¹

0,625 mol.L⁻¹

0,592 mol.L⁻¹

2. Expliquer en quoi la technique de dessalement de l'eau de mer par osmose inverse est génératrice de saumures.

3. On envisage de mélanger 1,0 L d'une saumure obtenue en fin de processus de dessalement avec 200 L d'eau de mer avant de rejeter le mélange obtenu en Méditerranée. Cette saumure est analysée par conductimétrie, comme explicité à la page suivante.

Ce rejet présente-t-il un danger pour les écosystèmes marins ?

Remarque :

Le candidat est évalué sur sa capacité à analyser les documents, à mettre en œuvre une démarche de résolution et à présenter ses résultats de manière adaptée.

Toutes les prises d'initiative et toutes les tentatives de résolution, même partielles, seront valorisées.

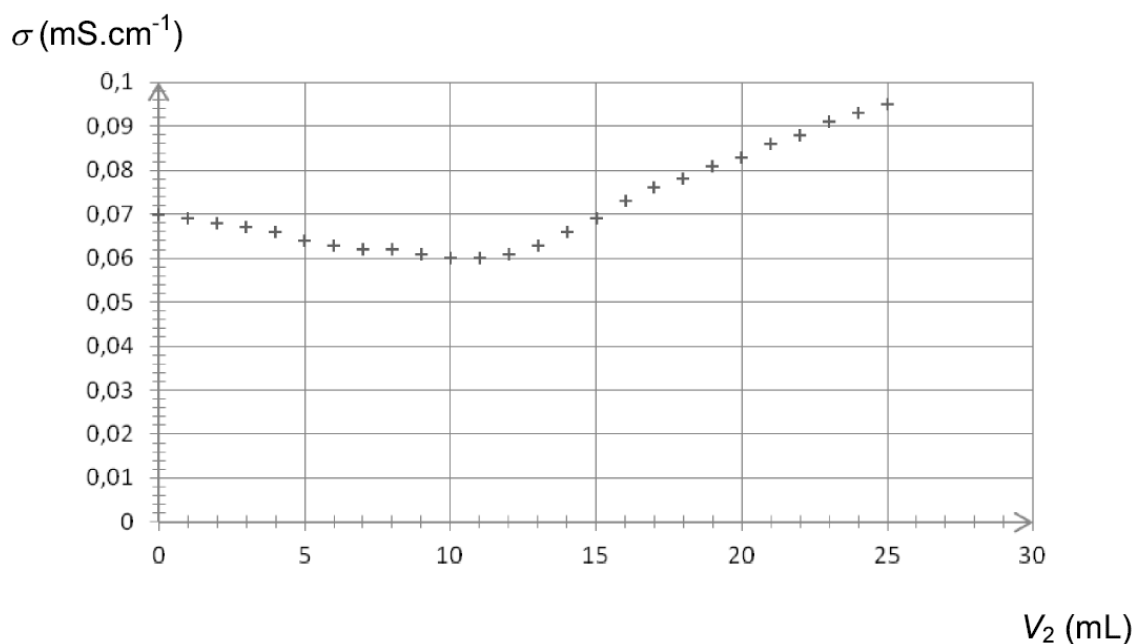
Dosage des ions chlorure présents dans la saumure en fin du processus de dessalement

Équation de la réaction support du dosage : $\text{Cl}_{(\text{aq})} + \text{Ag}^+_{(\text{aq})} \rightarrow \text{AgCl}_{(\text{s})}$

Protocole opératoire :

- *Diluer 500 fois la saumure pour obtenir une solution S.*
- *Introduire un volume $V_1 = 10,00 \text{ mL}$ de la solution S dans un bécher.*
- *Mettre en place une sonde de conductimétrie dans le bécher en ajoutant de l'eau distillée de manière à immerger la sonde.*
- *Remplir une burette graduée avec une solution de nitrate d'argent de concentration molaire C_2 en ions Ag^+ égale à $2,00 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$.*
- *Verser progressivement la solution de nitrate d'argent dans le bécher et relever les valeurs de la conductivité du milieu réactionnel après chaque ajout.*

Évolution de la conductivité σ du milieu réactionnel en fonction du volume V_2 de la solution de nitrate d'argent ajoutée, dans le cas de la saumure obtenue en fin du processus de dessalement :



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