BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2016

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

Durée de l'épreuve : 3 heures 30
Coefficient : 6

L'usage de la calculatrice est autorisé

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

Le sujet comporte trois exercices présentés sur 12 pages numérotées de 1/12 à 12/12, y compris celle-ci.

Le candidat doit traiter les trois exercices qui sont indépendants les uns des autres.

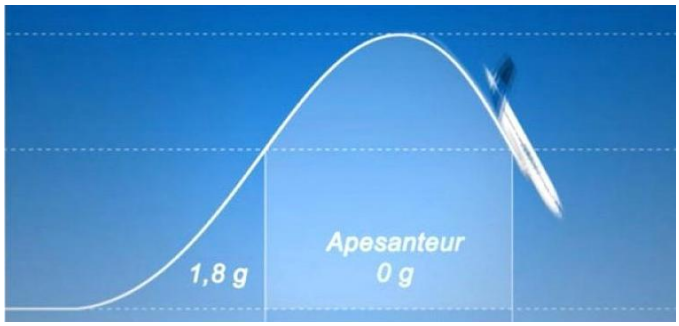
Obligatoire

EXERCICE I - VOL ZÉRO-G (6 points)

Au printemps 2015, l'airbus A310 Zéro-G a réalisé ses premiers vols scientifiques. Exploité par une filiale du Centre National d'Études Spatiales (CNES), cet avion permet de simuler des conditions d'apesanteur en décrivant des trajectoires paraboliques. Les scientifiques peuvent ainsi mener des expériences sans avoir recours aux missions spatiales.

Document 1 : Trajectoire parabolique de l'A310 Zéro-G

Pour que les passagers et le matériel embarqués dans l'Airbus A310 Zéro-G soient en apesanteur dans le référentiel de l'avion, et qu'ils se mettent à y "flotter", il faut que l'avion soit en chute libre.



Dans le référentiel terrestre, un corps est en chute libre lorsque la seule force qui s'exerce sur lui est le poids. Comment mettre l'avion en condition de "chute libre", peut-on se demander. Rien de plus "simple". Il suffit que le pilote de l'avion arrive à suivre la bonne trajectoire parabolique.

Extrait d'un article de presse

Document 2 : Caractéristiques du vol parabolique

Angle par rapport à l'horizontale au début de la parabole	47°
Altitude au départ et à la fin de la parabole	7 600 m
Vitesse au début de la parabole	527 $km.h^{-1}$
Altitude au sommet de la parabole	8 200 m
Vitesse au sommet de la parabole	355 $km.h^{-1}$
Durée d'apesanteur (0 g)	22 s

Données :

- masse de l'airbus A310 Zéro-G et de son équipement : $m = 1{,}5\times10^{5}$ kg ;
- constante de gravitation universelle : $G = 6{,}67\times10^{-11}\ m^3.kg^{-1}.s^{-2}$;
- intensité du champ de pesanteur à la surface de la Terre : $g = 9{,}81\ N.kg^{-1}$;
- masse de la Terre : M_T = 5,97x10^24 kg ;
- rayon de la Terre : $R_T = 6{,}38\times10^{6}$ m.

On se place dans le référentiel terrestre considéré comme galiléen sur la durée d'une parabole.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 2 / 12
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

1. Étude du mouvement de chute libre

On souhaite vérifier, par des considérations énergétiques, que la trajectoire suivie par l'avion est modélisable par une chute libre.

1.1. Rappeler la condition que doit vérifier l'énergie mécanique d'un système lorsqu'il est en chute libre.

1.2. Les caractéristiques de la trajectoire parabolique suivie par l'avion sont-elles compatibles avec une chute libre de l'avion ? Argumenter votre réponse avec un calcul d'énergie.

2. Intensité du champ de pesanteur dans un vol Zéro-G

2.1. En détaillant votre raisonnement, montrer que l'intensité de la pesanteur g_h, en un point situé à l'altitude h au-dessus de la surface de la Terre, peut s'écrire :

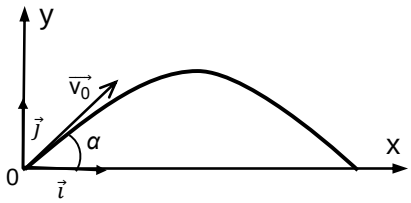
$$g_h = G \cdot \frac{M_T}{(R_T + h)^2}$$

2.2. Justifier, à partir du résultat précédent, qu'il est légitime de considérer que l'intensité de la pesanteur est constante lors d'un vol Zéro-G.

3. Durée des phases d'apesanteur

On étudie le mouvement dans le repère xOy donné ci-contre, le point O étant le début de la parabole.

On considère que l'intensité de la pesanteur terrestre est constante lors d'un vol Zéro-G et qu'elle est égale à g = 9,8 N.kg^{-1}.



3.1. Énoncer la deuxième loi de Newton.

3.2. Montrer que les équations horaires x(t) et y(t) d'un système en chute libre ont pour expressions :

$$\begin{cases} x(t) = v_0 . \cos(\alpha) . t \\ y(t) = -\frac{1}{2} g t^2 + v_0 . \sin(\alpha) . t \end{cases}$$

3.3. En exploitant les équations horaires, calculer la durée d'apesanteur.
Ce résultat est-il cohérent avec la donnée du document 2 ?

3.4. Quels paramètres faut-il modifier pour augmenter la durée d'apesanteur ?
D'après vous, cela vous semblerait-il possible ?

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 3 / 12
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

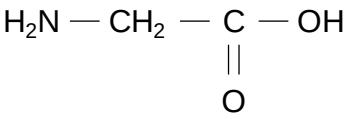
EXERCICE II - LA SOIE D'ARAIGNÉE (9 points)

La soie que produisent les araignées pour tisser leurs toiles ou envelopper leurs proies possèdent des propriétés physico-chimiques si exceptionnelles (finesse, régularité, élasticité, solidité, imputrescibilité, etc…) qu'elle est devenue un sujet d'étude pour de nombreux scientifiques. Cet exercice aborde plusieurs aspects de la soie d'araignée considérée comme un matériau d'avenir.

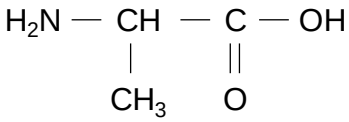
1. Composition de la soie d'araignée

La soie d'araignée est essentiellement composée de fibroïne, une molécule constituée de plusieurs centaines d'acides aminés reliés les uns aux autres par des liaisons peptidiques. Les deux principaux acides aminés présents dans la fibroïne sont la glycine (40 % environ) et l'alanine (25-30 % environ) dont les formules semi-développées sont indiquées ci-dessous.

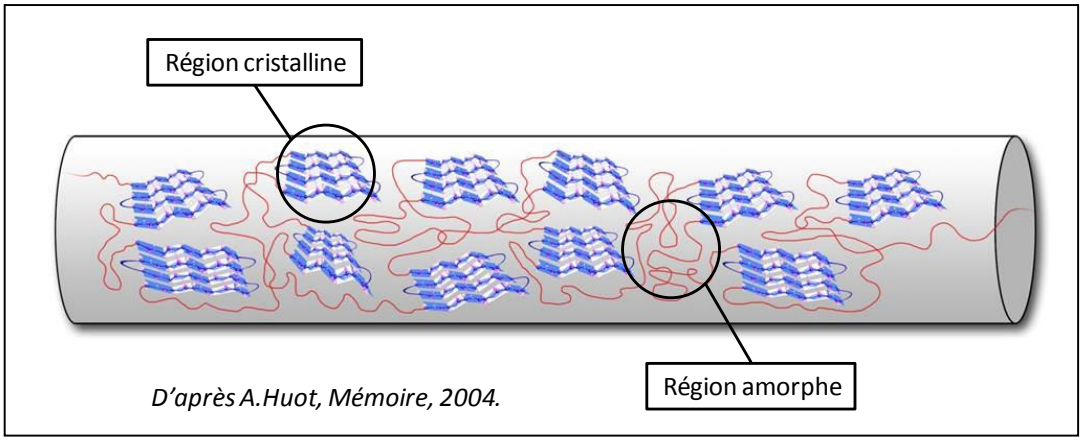
Glycine



Alanine



Selon l'enchaînement des différents acides aminés au sein de la macromolécule de fibroïne, cette protéine peut adopter deux structures géométriques tridimensionnelles différentes : soit une structure semi-cristalline en feuillets bien ordonnés, soit une structure amorphe inorganisée.



D'après A.Huot, Mémoire, 2004.

La soie d'araignée est donc un matériau dont les propriétés mécaniques découlent de l'organisation structurale particulière de la molécule de fibroïne : des régions cristallines expliquent la résistance élevée de la soie d'araignée tandis que des régions amorphes sont responsables de son importante élasticité.

1.1. Pourquoi les molécules de glycine et d'alanine appartiennent-elles à la famille des acides aminés ?

1.2. La molécule de glycine possède-t-elle des stéréoisomères ? Argumenter.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 4 / 12
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

1.3. La molécule d'alanine compte deux stéréoisomères.
Donner la représentation de Cram de ces deux stéréoisomères, puis justifier le type de relation de stéréoisomérie qui les lie.

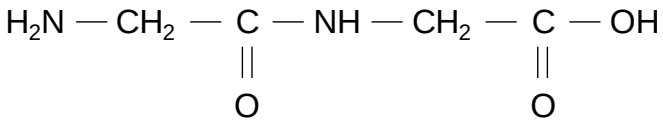
1.4. Après avoir hydrolysé les protéines de la soie d'araignée, on en extrait la glycine et l'alanine. On réalise ensuite une spectroscopie RMN du proton afin de caractériser leur présence.
Indiquer le nombre de protons équivalents dans chaque molécule et prévoir, en expliquant votre démarche, le nombre et la multiplicité des signaux observés dans chacun des spectres RMN de la glycine et de l'alanine, sachant que les atomes d'hydrogène reliés aux atomes d'oxygène et d'azote n'interviennent pas dans la multiplicité des signaux des atomes d'hydrogène voisins.

2. Biomimétisme chimique

Actuellement, les chimistes cherchent à réaliser des fibres artificielles reproduisant les propriétés de la soie d'araignée en créant des polypeptides dont la composition et la structure sont les plus proches possible de celles de la fibroïne. Les polypeptides sont de longues molécules obtenues par l'assemblage de plusieurs acides aminés. La réaction permettant d'assembler deux acides aminés est appelée « synthèse peptidique ».

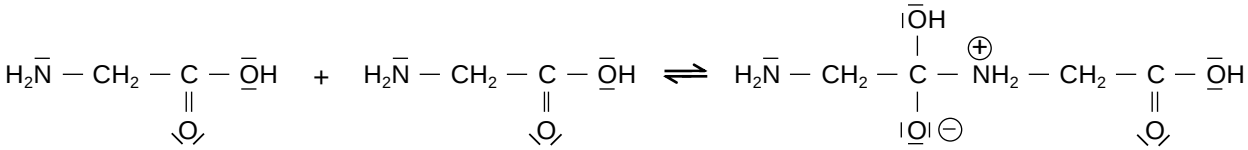
Principe et mécanisme réactionnel d'une synthèse peptidique

Deux molécules de glycine (Gly), mises en présence, réagissent l'une avec l'autre pour former un dipeptide, usuellement nommé Gly-Gly, dont la formule semi-développée s'écrit :

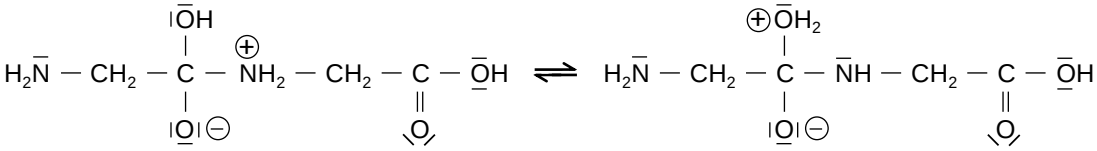


Le mécanisme réactionnel de la synthèse de ce dipeptide est le suivant :

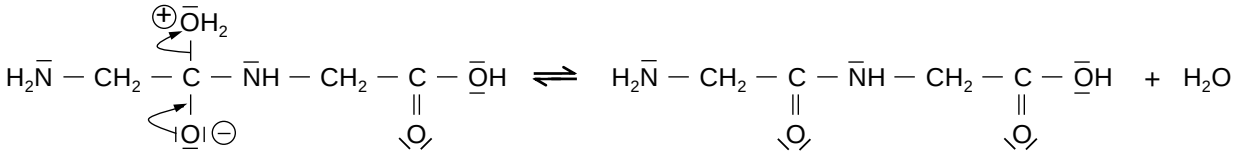
Étape A :



Étape B :



Étape C :



Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 5 / 12
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

Stratégie de synthèse

Pour synthétiser un dipeptide donné, les chimistes protègent au préalable les fonctions organiques qui ne doivent pas réagir ensemble, puis font réagir les fonctions non protégées (synthèse peptidique), et enfin déprotègent les fonctions n'ayant pas participé à la synthèse. En l'absence de ces précautions, plusieurs dipeptides différents peuvent être obtenus au terme de la synthèse peptidique.

Donnée : Comparaison des électronégativités de quelques éléments : $\chi(H) \approx \chi(C)$ et $\chi(C) < \chi(O)$

2.1. Nommer la nouvelle fonction chimique présente dans le dipeptide Gly-Gly.

2.2. Analyse du mécanisme réactionnel

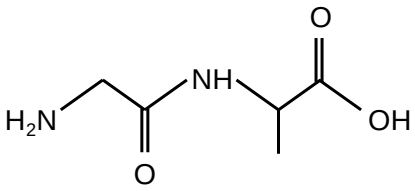
2.2.1. Recopier l'étape A du mécanisme réactionnel de cette synthèse et la compléter par le tracé des flèches courbes nécessaires. Justifier précisément l'orientation de la flèche conduisant à la formation de la liaison.

2.2.2. L'étape B de ce mécanisme réactionnel correspond à une « réaction acido-basique intramoléculaire ». Justifier cette appellation.

2.2.3. À quelle catégorie de réaction appartient l'étape C de ce mécanisme réactionnel ? Justifier.

2.3. Combien de dipeptides différents peut-on, a priori, obtenir par synthèse peptidique d'un mélange de glycine (Gly) et d'alanine (Ala), sous la forme d'un unique énantiomère chacun ? Argumenter votre réponse.

2.4. La fabrication de fibres artificielles aussi élastiques et solides que la soie d'araignée utilise le dipeptide Gly-Ala comme motif de base de la chaine polypeptidique. La formule topologique de ce dipeptide est la suivante :



Ce dipeptide étant obtenu par synthèse peptidique en faisant réagir de la glycine (Gly) et de l'alanine (Ala), préciser la (ou les) fonction(s) que l'on doit protéger sur chacune de ces deux molécules pour obtenir uniquement le dipeptide Gly-Ala.

3. Détermination du diamètre d'un fil d'araignée

Un fil d'araignée, de diamètre inconnu noté *a*, est maintenu en position verticale et éclairé au moyen d'une source laser rouge de longueur d'onde $\lambda = 615$ nm. Le fil est placé à quelques centimètres de la source laser et à une distance *D* assez éloignée d'un écran vertical. La figure de diffraction obtenue à l'écran est caractérisée par une tache centrale de largeur *L* et un angle de diffraction noté θ.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 6 / 12
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

Schéma de l'expérience en vue de profil

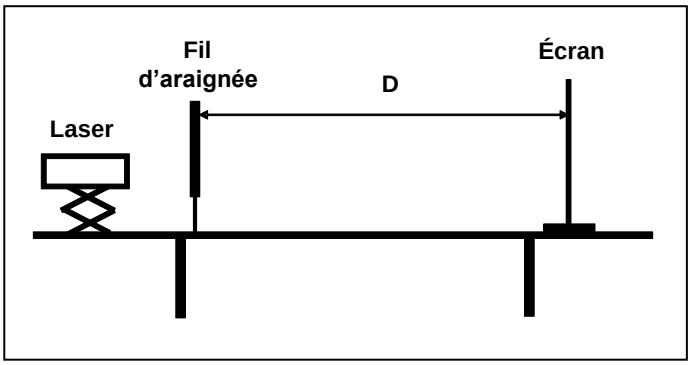
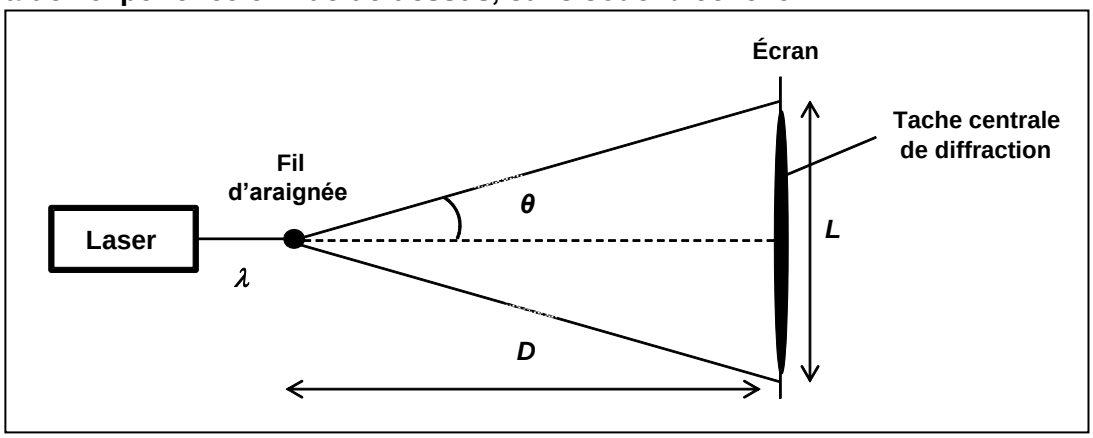


Schéma de l'expérience en vue de dessus, sans souci d'échelle



3.1. Quel caractère de la lumière est mis en évidence par l'apparition d'une figure de diffraction ?

3.2. Rappeler l'expression qui lie les grandeurs a, θ et λ. Sachant que $\tan \theta = \theta$ pour les faibles valeurs de θ en radian, démontrer que la largeur L de la tache centrale de diffraction admet pour expression littérale :

$$L = \frac{2 . \lambda . D}{a}$$

3.3. Calculer, en m puis en µm, le diamètre a du fil d'araignée analysé sachant que D = 2,00 ± 0,01 m et L = 18,8 ± 0,4 cm.

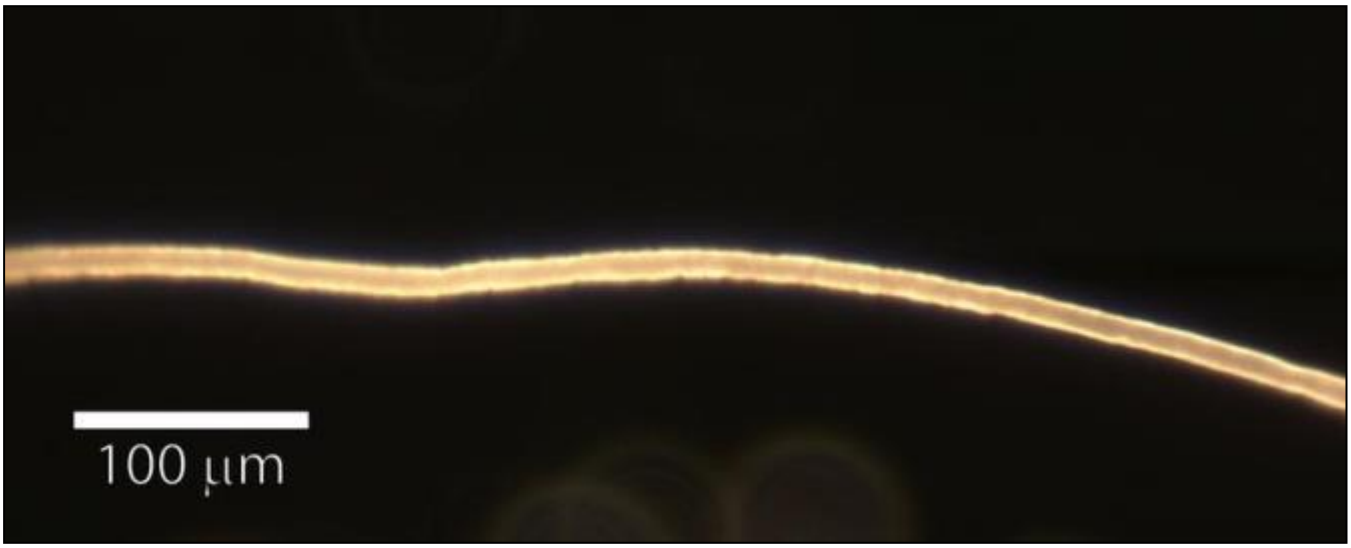
3.4. La source lumineuse étant un laser, on fera l'hypothèse que l'incertitude sur la longueur d'onde peut être négligée par rapport aux autres incertitudes. L'incertitude absolue $U(a)$ associée à la mesure du diamètre a du fil d'araignée dépend uniquement des incertitudes absolues $U(D)$ et $U(L)$ associées aux distances D et L selon la relation suivante :

$$\left(\frac{U(a)}{a}\right)^2 = \left(\frac{U(D)}{D}\right)^2 + \left(\frac{U(L)}{L}\right)^2$$

Exprimer le résultat de la mesure expérimentale du diamètre a du fil d'araignée sous la forme d'un encadrement.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 7 / 12
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

3.5. Le même fil d'araignée que celui étudié dans la partie précédente est maintenant observé et photographié à l'aide d'un microscope optique équipé d'un appareil photo numérique. Voici le cliché obtenu :



Déterminer le diamètre *a* du fil à partir du cliché ci-dessus et donner le résultat assorti de l'incertitude absolue *U(a)* associée à cette valeur. Dans cette mesure, on considère que :

$\frac{U(a)}{a} = \frac{U(d)}{d}$ avec *d* la valeur mesurée sur la photographie et *U*(*d*) l'incertitude absolue associée.

3.6. La mesure par diffraction du diamètre du fil d'araignée réalisée dans la partie précédente est-elle cohérente avec la mesure effectuée au microscope optique ? Détailler la réponse.

3.7. Quelle méthode est-il préférable d'utiliser pour réaliser cette mesure ? Justifier votre réponse.

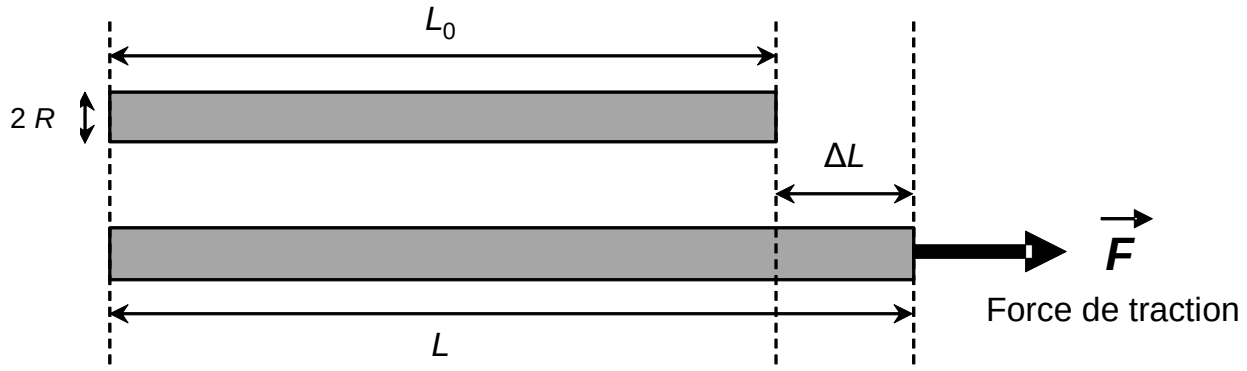
4. Élasticité et solidité d'un fil d'araignée

Dans les forêts tropicales d'Amérique, la néphile clavipes est l'une des araignées les plus communes et les plus impressionnantes. Sa toile dépasse souvent un mètre de diamètre, les fils de soie ont des reflets dorés et collent fortement. Si par mégarde, vous prenez une telle toile dans le visage lors d'une sortie nocturne, vous verrez que les fils ne cèdent pas ! Ils sont si résistants que l'on cherche à les utiliser dans la fabrication de gilets pare-balles.

D'après www.futura-sciences.com

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 8 / 12
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

Modèle élastique d'une fibre cylindrique



Lorsque l'on soumet une fibre élastique cylindrique de rayon R et de longueur L_0 à une force longitudinale de valeur F appelée « force de traction », la fibre s'allonge et acquiert une nouvelle longueur $L > L_0$. Aux faibles valeurs de F, l'allongement $\Delta L = L - L_0$ de la fibre est proportionnel à la valeur de la force appliquée et satisfait à la relation suivante :

$$\Delta L = \frac{F \cdot L_0}{E \cdot \pi \cdot R^2}$$

où E est une constante appelée « module de traction » qui dépend de la nature de la fibre.

Valeurs usuelles du module de traction *E* de différentes fibres synthétiques et naturelles

Matériau	Cheveu	Nylon	Laine	Soie de la néphile clavipes
Module de traction E ($N \cdot m^{-2}$)	10×10^9	3×10^9	14×10^9	8×10^9

Donnée : Intensité de la pesanteur terrestre : $g = 9{,}8\ N.kg^{-1}$

4.1. Par une analyse dimensionnelle, vérifier que le module de traction d'une fibre élastique s'exprime en $N \cdot m^{-2}$.

4.2. On soumet un fil de soie d'araignée néphile clavipes de rayon $R = 2{,}5$ µm et de longueur initiale $L_0 = 6{,}5$ cm à une force de traction de valeur $F = 0{,}03$ N. Le fil s'allonge alors jusqu'à atteindre une longueur $L = 7{,}7$ cm. Vérifier que ces valeurs expérimentales sont en accord avec la valeur du module de traction de la soie de cette araignée fournie dans l'énoncé.

4.3. Expliquer qualitativement comment varie l'élasticité d'une fibre en fonction de la valeur de son module de traction, puis comparer les propriétés élastiques d'un fil d'araignée néphile clavipes, d'un cheveu, du nylon et de la laine.

4.4. Sachant qu'un fil de soie de néphile clavipes de rayon $R = 2{,}5$ µm peut s'allonger au maximum de 35 % avant de rompre, calculer la masse maximale que l'on peut suspendre verticalement à un tel fil avant sa rupture.

EXERCICE III - ÉTUDE D'UNE LOTION CAPILLAIRE (5 points)

L'objectif de cet exercice est l'étude de la composition d'une lotion capillaire.

Cette lotion capillaire est un mélange hétérogène de deux phases liquides non-miscibles contenant des substances actives permettant de prévenir l'apparition des pellicules et de limiter la chute des cheveux

La photographie ci-contre d'un flacon de 300 mL de cette lotion capillaire met en évidence ces deux phases. Le fabricant indique que la phase huileuse représente 7 % en volume alors que la phase hydroalcoolique représente 93 % en volume.



Flacon de la lotion capillaire

Voici un extrait de ce que l'on peut lire sur l'étiquette de ce flacon.
Ingrédients : Eau, pétrole léger désodorisé et coloré par de la chlorophylle, alcool dénaturé, camphre, huiles essentielles (bergamote, citron, orange), chlorure de sodium (0,1 % en masse).

Données

- Miscibilité : l'eau et l'alcool sont totalement miscibles ; l'eau et le pétrole sont non miscibles
- Solubilité de quelques espèces chimiques dans l'eau et le pétrole :

	Eau	Pétrole	Chlorophylle	Alcool	Camphre	Huiles essentielles	Chlorure de sodium
Eau		Faible	Faible	Forte	Faible	Nulle	Forte
Pétrole			Forte	Faible	Forte	Forte	Faible

- Pourcentage massique : le pourcentage massique d'une espèce dissoute dans une solution est égal au rapport de la masse de cette espèce dissoute sur la masse totale de la solution. Cette grandeur n'a pas d'unité et s'exprime usuellement sous la forme d'un pourcentage.
- Comparaison des électronégativités : $\chi(O) > \chi(C) \approx \chi(H)$

1. Les deux phases de la lotion capillaire

1.1. Sachant que l'alcool dénaturé est essentiellement constitué d'éthanol, proposer une interprétation de la grande miscibilité de l'eau et de l'alcool.

1.2. Donner la composition chimique de chacune des phases présentes dans la lotion.

1.3. Que peut-on dire de la densité de la phase hydroalcoolique par rapport à celle de la phase huileuse ? Donner une réponse argumentée.

1.4. Proposer une méthode permettant de séparer les deux phases de la lotion, puis de vérifier les pourcentages en volume des deux phases indiqués par le fabricant, en précisant la verrerie utilisée.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 10 / 12
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

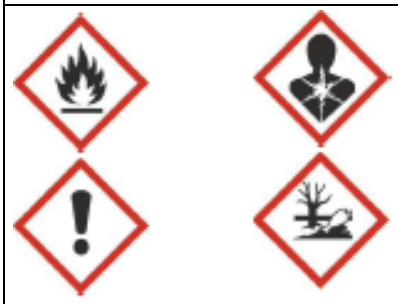
2. Vérification de la présence de camphre dans la phase huileuse

Le camphre, présent dans la phase huileuse de la lotion capillaire, est un composé oxygéné possédant des propriétés antiseptiques et exerçant une action stimulante sur le cuir chevelu.
Afin de contrôler la présence de camphre dans la phase huileuse, on réalise une chromatographie sur couche mince. L'éluant utilisé est un mélange de cyclohexane et d'éthanoate d'éthyle. La révélation du chromatogramme se fait dans une cuve à diiode.

Formule du camphre



Pictogrammes de sécurité :

cyclohexane	éthanoate d'éthyle	diiode
		

2.1. À quelle famille de composés organiques appartient le camphre ?

2.2. Rédiger le protocole de cette chromatographie sur couche mince en listant tout le matériel et les produits nécessaires à sa réalisation dans les conditions de sécurité et indiquer le résultat attendu.

3. Titrage des ions chlorure présents dans la phase hydroalcoolique

On désire maintenant vérifier expérimentalement la valeur du pourcentage massique du chlorure de sodium ($Na^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$) dissous dans la phase hydroalcoolique de la lotion capillaire pour la comparer à la valeur indiquée sur son étiquette. Pour cela, on réalise un titrage des ions chlorure par une solution titrante de nitrate d'argent de formule chimique ($Ag^+_{(aq)} + NO_3^-{}_{(aq)}$) et de concentration molaire $C = 2{,}00 \times 10^{-2}$ mol.L^{-1}. Ce titrage est suivi par conductimétrie.

Protocole expérimental du titrage conductimétrique

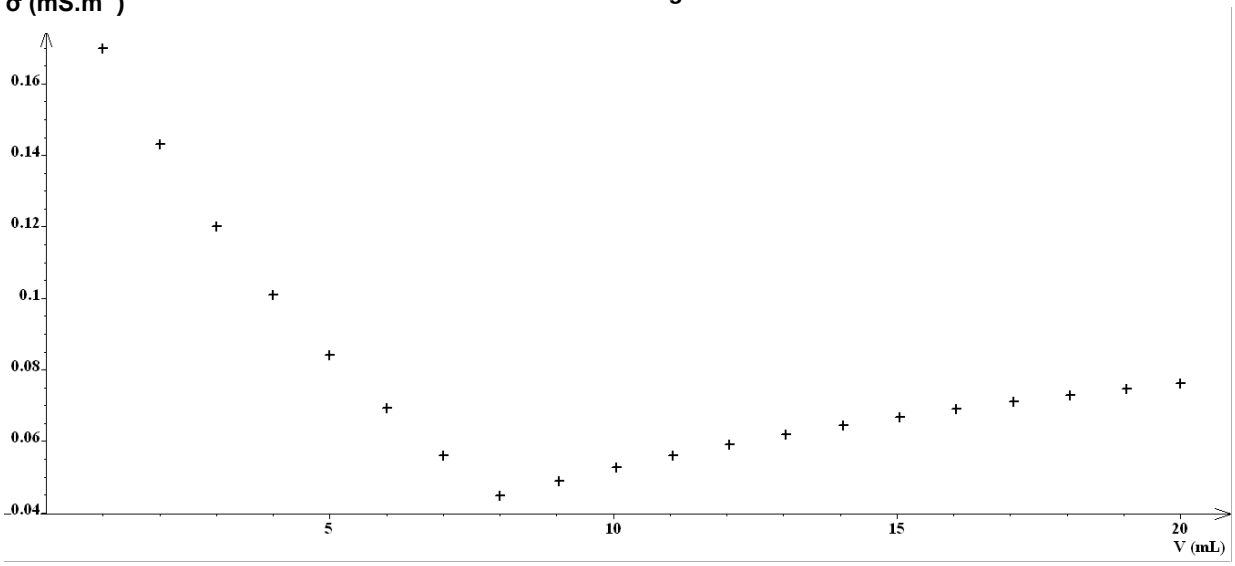
- Prélever un volume d'essai V_{ESSAI} = 10,0 mL de la phase hydroalcoolique de la lotion capillaire.
- Introduire la prise d'essai dans un bécher de 250 mL et ajouter environ 200 mL d'eau distillée.
- Remplir la burette graduée avec la solution titrante de nitrate d'argent.
- Installer le dispositif de suivi conductimétrique et d'agitation.
- Verser la solution de nitrate d'argent, millilitre par millilitre, dans le bécher et noter la valeur de la conductivité σ du mélange réactionnel après chaque ajout.
- Tracer le graphe $\sigma = f(V)$ montrant l'évolution de la conductivité σ du mélange réactionnel en fonction du volume V de solution de nitrate d'argent versé.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 11 / 12
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

Action des ions argent (I) sur les ions chlorure

Lorsqu'on met en présence des ions argent (I) Ag^+ et des ions chlorure Cl^-, il se produit une réaction de précipitation instantanée et totale conduisant à la formation de particules solides de chlorure d'argent. L'équation de la réaction modélisant cette transformation chimique s'écrit : $Ag^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)} \rightarrow AgCl_{(s)}$.

Courbe de titrage obtenue



Données :

- masses molaires atomiques : $M(Na) = 23{,}0$ g.mol^{-1} ; $M(Cl) = 35{,}5$ g.mol^{-1} ; $M(Ag) = 107{,}9$ g.mol^{-1} ;
- masse volumique de la phase hydroalcoolique de la lotion capillaire $\rho = 975$ g.L^{-1} ;

La conductivité σ d'une solution est égale à la somme des conductivités des ions en solution : $\sigma = \sum \sigma_i$;

- la conductivité σ_i d'un ion X_i est proportionnelle à sa concentration molaire : $\sigma_i = \lambda_i \cdot [X_i]$;
- conductivités molaires ioniques à 25°C :

Ion	Na^+	Cl^-	Ag^+	NO_3^-
λ (en mS.m².mol^{-1})	5,01	7,63	6,19	7,14

3.1. Avec quelle verrerie a-t-on prélevé le volume d'essai $V_{ESSAI} = 10{,}0$ mL ?

3.2. Donner deux arguments pour justifier l'ajout d'environ 200 mL d'eau distillée à la prise d'essai.

3.3. Interpréter qualitativement le changement de pente observé sur le graphe $\sigma = f(V)$.

3.4. Rappeler la définition de l'équivalence d'un titrage.

3.5. L'étiquette d'un flacon de lotion capillaire indique un pourcentage massique en chlorure de sodium voisin de 0,1 % dans la phase hydroalcoolique. Cette information est-elle exacte ?

Cette dernière question nécessite des prises d'initiative de la part du candidat. Toute démarche engagée, même non aboutie sera valorisée.