

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2018

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

Spécialité

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

**L'usage de tout modèle de calculatrice,
avec ou sans mode examen, est autorisé.**

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.

Ce sujet comporte 13 pages numérotées de 1 à 13.
Le document réponse de la page 13 est à rendre avec la copie.

Le sujet est composé de trois exercices indépendants les uns des autres.
Le candidat doit traiter les trois exercices.

EXERCICE I. « Vol » au-dessus des montagnes (6 points)

Depuis 2009 la station d'Orcières, située dans les Hautes Alpes, propose une tyrolienne constituée d'un câble tendu entre le sommet du Drouvet (altitude : 2655 m) et le lac Long (altitude : 2500 m). La longueur de ce câble est $\ell = 1870$ mètres.



<http://www.lci.fr/france/sensations-fortes-assurees-sur-la-plus-grande-tyrolienne-deurope-1126602.html>



« Solidement harnaché et suspendu à un baudrier, on parcourt la distance le corps à l'horizontale, tête en avant, en environ 1 minute 30. La vitesse de croisière est d'environ 130 km/h avec des pointes à 140 ! Une impression de vol extraordinaire... »

<http://www.latyrolienne.fr>

Dans cet exercice on se propose d'étudier le mouvement le long du parcours pour en dégager quelques caractéristiques et les comparer avec les valeurs annoncées sur le site internet de la tyrolienne.

Le système étudié, de masse m , constitué par l'homme et son équipement, quitte le sommet D sans vitesse initiale et arrive au point L avec une vitesse nulle.

Données

Intensité de la pesanteur terrestre : $g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$

Masse du système (homme et son équipement) : $m = 80 \text{ kg}$

1. Calculer la valeur de la vitesse moyenne durant le vol et la comparer à la valeur de la "vitesse de croisière" annoncée.
2. Sur **document réponse à rendre avec la copie**, représenter le point M dont l'altitude est minimale. Déterminer graphiquement l'altitude z_M du point M.
3. Le niveau de la mer, d'altitude 0, est choisi comme référence de l'énergie potentielle de pesanteur. Donner les expressions des énergies cinétique, potentielle de pesanteur et mécanique du système étudié en fonction de la masse m , de

l'altitude z , de la vitesse v du système ainsi que de l'intensité de la pesanteur terrestre g .

4. L'énergie mécanique se conserve-t-elle au cours du mouvement ? Justifier la réponse.
5. Citer les transferts énergétiques qui ont lieu au cours du mouvement entre D et M, puis entre M et L.

On considère que le système est soumis aux interactions et actions modélisées par les forces suivantes :

- l'action \vec{R} du câble de direction toujours perpendiculaire au câble ;
- le poids \vec{P} ;
- les forces de frottement égales à une résultante \vec{f} , de sens opposé à celui du vecteur vitesse \vec{v} .

6. **Sur le document réponse à rendre avec la copie**, schématiser, sans souci d'échelle, ces trois forces exercées sur le système lors de son passage au point N.
7. **Sur le document réponse à rendre avec la copie**, compléter le tableau en indiquant si le travail de chacune de ces 3 forces est positif, négatif ou nul. Justifier les réponses sur la copie.

Afin de déterminer quelques caractéristiques des forces exercées, on étudie la situation à l'aide de deux modèles.

Modèle 1 : un premier modèle consiste à négliger les forces de frottement devant les autres forces.

8. En appliquant le principe de conservation de l'énergie mécanique entre les points D et M, déterminer la vitesse atteinte au point M et la comparer avec la vitesse de pointe annoncée dans le texte de présentation. Conclure sur la validité du modèle 1.

Modèle 2 : on suppose, dans ce modèle, que la résultante des forces de frottement garde une intensité f constante au cours du mouvement. Son travail sur la totalité du parcours ne dépend alors que de son intensité et de la longueur ℓ du câble.

9. Par une étude énergétique, estimer la valeur de la résultante des forces de frottement.

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

EXERCICE II. Le chewing-gum à la fraise (9 points)

La consommation mondiale de chewing-gums est d'un demi kilogramme par personne et par an, les Français étant les deuxièmes consommateurs au monde, derrière les Américains.

Voici quelques informations figurant sur une boîte de chewing-gums à la fraise.

Ingrédients.

- Édulcorants : sorbitol, maltitol, xylitol, sirop de maltitol, aspartame, acésulfame-K.
- Gomme base.
- Agent de charge : E341ii.
- Stabilisant : E414.
- Arômes.
- Acidifiant : E300.
- Émulsifiant : lécithine de tournesol.
- Agent d'enrobage : E903.
- Colorant : E120.



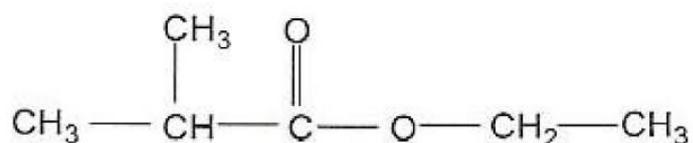
Conseil et information.

- Conserver à l'abri de la chaleur et de l'humidité.
- Contient une source de phénylalanine.

Dans cet exercice, trois ingrédients de ce chewing-gum sont étudiés : un arôme, un édulcorant et le colorant E 120.

1. Arôme de fraises

Une fraise naturelle contient plus de 300 espèces chimiques ayant des propriétés aromatiques. Pour reproduire le goût fraise, on ne synthétise que celles qui sont les plus marquantes. Parmi elles, on trouve l'espèce A dont la formule est donnée ci-dessous et qui peut être synthétisée au laboratoire.



- 1.1. Quel est le type de la formule représentée ? Donner la formule brute et la formule topologique de cette molécule (espèce A).
- 1.2. Choisir le nom de l'espèce A dans la liste suivante : méthanoate de méthylpropyle, 2-méthylpentanol, butanoate d'éthyle, acide 2-méthylpentanoïque, 2-méthylpropanoate d'éthyle, éthanoate de méthylpropyle, 2-méthylpentanamide. Justifier.
- 1.3. Cette molécule possède-t-elle des stéréoisomères de configuration ? Justifier.

Le début du protocole permettant de synthétiser cette espèce au laboratoire est décrit ci-dessous.

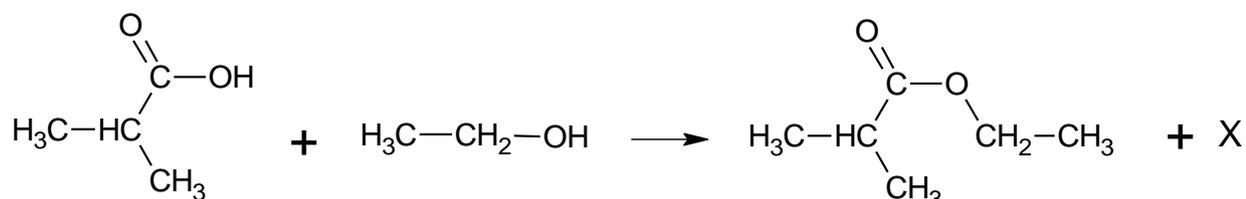
Introduire dans un ballon :

- 0,2 mol d'acide 2-méthylpropanoïque ;

- de l'éthanol en quantité stœchiométrique ;
 - quelques gouttes d'acide sulfurique concentré ;
 - quelques billes de verre.
- Chauffer à reflux pendant 30 minutes

Données

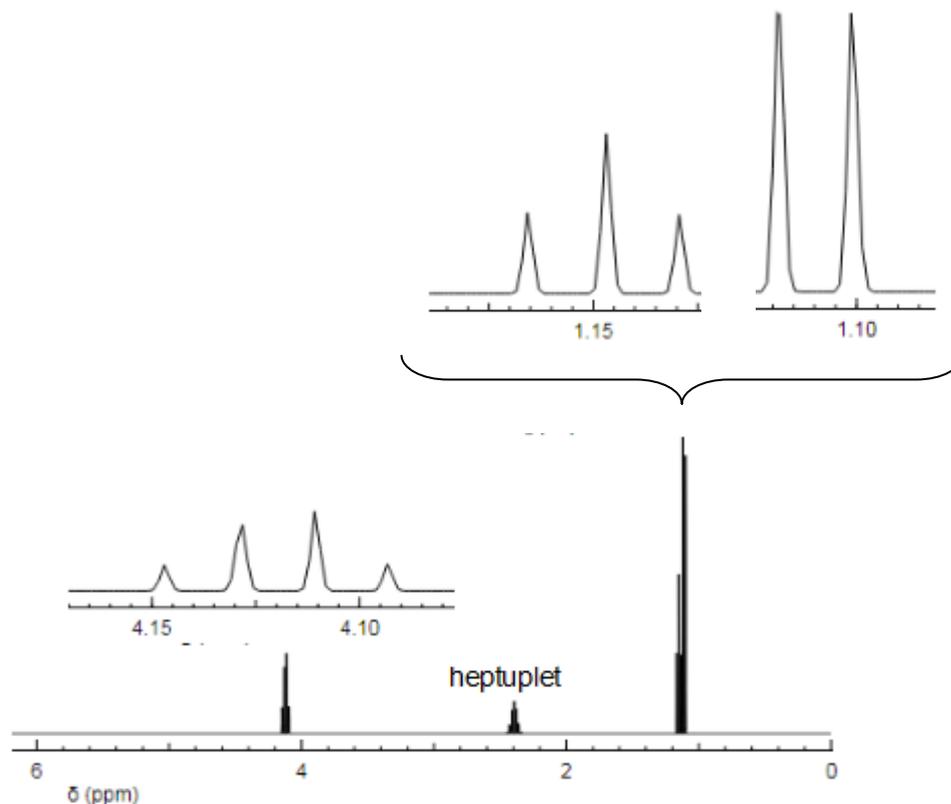
Équation de la réaction de synthèse



Acide 2-méthylpropanoïque		$M = 88 \text{ g.mol}^{-1}$ $\rho = 0,95 \text{ g.mL}^{-1}$ $T_{\text{fusion}} = -46^\circ\text{C}$ $T_{\text{ébullition}} = 155^\circ\text{C}$
Ethanol		$M = 46 \text{ g.mol}^{-1}$ $\rho = 0,79 \text{ g.mL}^{-1}$ $T_{\text{fusion}} = -114^\circ\text{C}$ $T_{\text{ébullition}} = 79^\circ\text{C}$
Acide sulfurique		$M = 98 \text{ g.mol}^{-1}$ $\rho = 1,83 \text{ g.mL}^{-1}$ $T_{\text{fusion}} = 3^\circ\text{C}$ $T_{\text{ébullition}} = 337^\circ\text{C}$

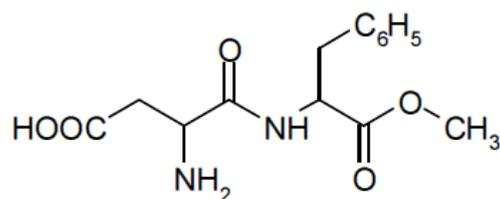
- 1.4. Identifier l'espèce chimique notée X dans l'équation de la réaction.
- 1.5. Quelles sont les consignes de sécurité à mettre en place pour effectuer cette synthèse en toute sécurité ? Justifier.
- 1.6. Dans cette synthèse, l'acide sulfurique est un catalyseur et la catalyse est homogène. Expliquer l'expression « catalyse homogène ».
- 1.7. Déterminer le volume d'éthanol à ajouter pour que le mélange réactionnel soit stœchiométrique.

- 1.8. La spectroscopie RMN peut être utilisée pour s'assurer que le produit synthétisé est bien celui attendu. Le spectre simulé ci-dessous correspond-il au produit attendu ? Justifier le nombre de signaux et la multiplicité de chacun d'eux.

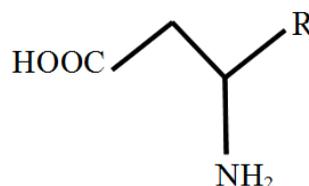


2. Édulcorants

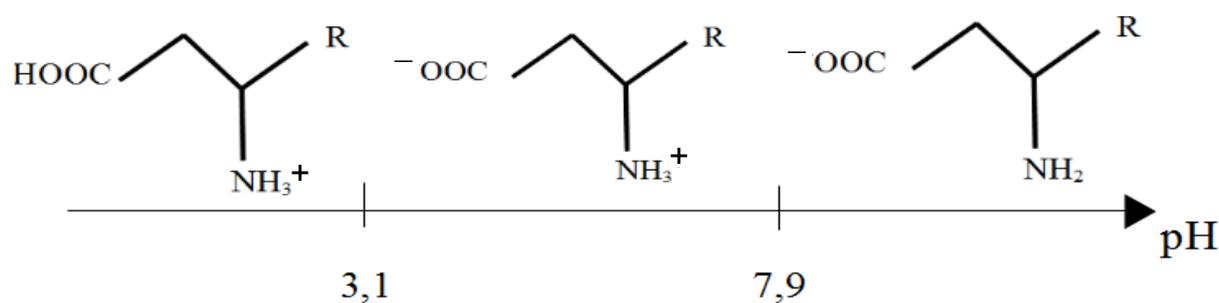
L'aspartame figure dans la liste des édulcorants. C'est un dipeptide dont la formule est donnée ci-dessous :



Pour la suite de cette partie, il sera noté



On donne le diagramme de prédominance de l'aspartame :



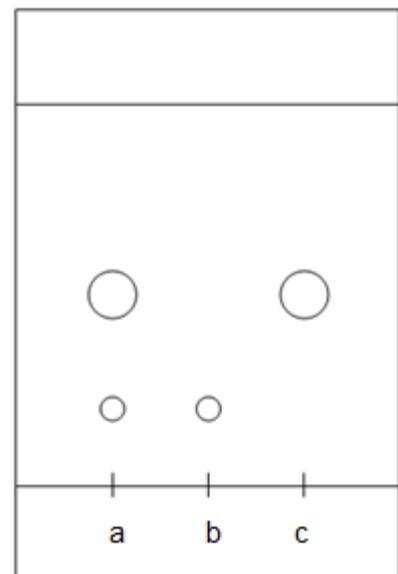
2.1. Le pH de l'estomac est voisin de 2. Sous quelle forme se trouve l'aspartame juste après ingestion ?

On réalise l'hydrolyse acide de l'aspartame selon le protocole suivant.

- Dans un erlenmeyer, on introduit de l'aspartame dans de l'acide chlorhydrique (H_3O^+ , Cl_{aq}) et on chauffe à reflux pendant 30 minutes.
- Après refroidissement, on neutralise l'excès d'acide chlorhydrique en ajoutant une solution aqueuse d'hydrogénocarbonate de sodium ($HCO_3^-_{aq} + Na^+_{aq}$) jusqu'à ce que toute l'effervescence cesse.
- On obtient une solution que l'on nomme solution A.

On effectue ensuite une chromatographie dont la phase fixe est un papier Whatman. Le chromatogramme révélé est représenté ci-dessous.

- a: dépôt de solution A
b: dépôt d'une solution d'acide aspartique
c: dépôt d'une solution de phénylalanine



Données

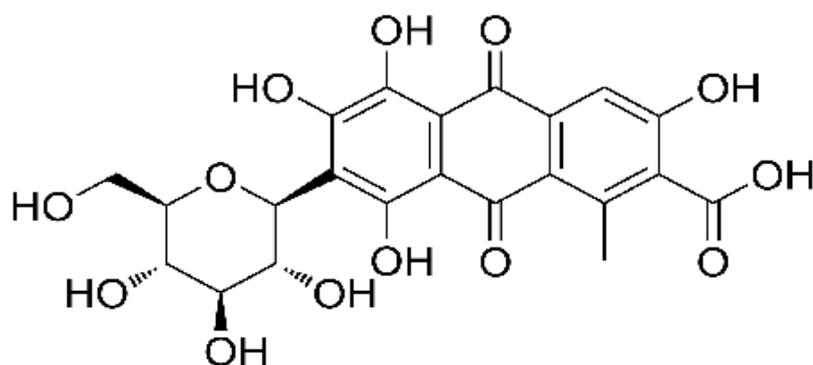
Couples acide / base

H_3O^+ / H_2O ; H_2O / HO^- ; $CO_2, H_2O / HCO_3^-$; HCO_3^- / CO_3^{2-}

- 2.2. Écrire l'équation de la réaction de neutralisation de l'acide chlorhydrique et expliquer l'effervescence observée.
- 2.3. Quelle information figurant sur la boîte de chewing-gums est vérifiée par cette expérience ? Justifier.

3. Le colorant E120 : rouge cochenille

Le colorant E120 ou acide carminique est un colorant naturel obtenu à partir de petits insectes : les cochenilles. 15000 insectes sont nécessaires pour obtenir 100 g d'un produit renfermant 15% en masse d'acide carminique, qui est une matière colorante d'un rouge très vif.



Formule topologique de l'acide carminique

Donnée

Masse molaire de l'acide carminique : $M = 492 \text{ g.mol}^{-1}$

L'objectif de cette partie est de connaître le nombre de cochenilles nécessaires pour colorer les chewing-gums d'une boîte.

On introduit un chewing-gum dans de l'eau ; la solution prend une teinte rouge due à la dissolution de l'acide carminique du chewing-gum dans l'eau, dissolution que l'on considère comme totale. On ajuste le volume de la solution à 50,0 mL ; on obtient une solution S de solution aqueuse du colorant rouge cochenille (acide carminique).

Par ailleurs, on réalise un étalonnage spectrophotométrique à partir d'une solution mère de colorant rouge cochenille, de concentration molaire $C = 6,7 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$. Les résultats sont reportés dans le tableau ci-dessous.

Solution S_i	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6
$C_i \text{ (mol.L}^{-1}\text{)}$	$6,7 \times 10^{-6}$	$1,3 \times 10^{-5}$	$2,0 \times 10^{-5}$	$2,6 \times 10^{-5}$	$3,4 \times 10^{-5}$	$6,7 \times 10^{-5}$
A	0,058	0,118	0,172	0,253	0,299	0,592

Dans les mêmes conditions, l'absorbance de la solution S est $A = 0,213$.

- 3.1. Quel volume V de la solution mère faut-il prélever pour préparer 50,0 mL de la solution S_6 ?
- 3.2. Déterminer le nombre d'insectes nécessaires pour produire le colorant E 120 pour une boîte de 17 chewing-gums.

Pour cette dernière question, 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.

EXERCICE III. Impression sur plastique avec de l'encre à l'eau (5 points)

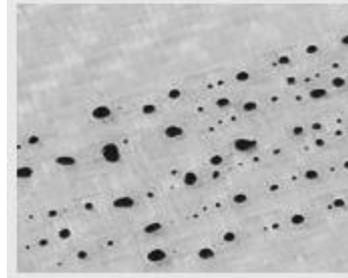
Une entreprise d'emballage commercialise du film de plastique imprimé. Pour s'inscrire dans une démarche de développement durable, cette entreprise souhaite utiliser des encres à base d'eau pour remplacer les encres conventionnelles, composées de solvants organiques nocifs et polluants.

L'utilisation de ces encres pose toutefois des problèmes de « mouillage ».

Bon mouillage : l'encre s'étale



Mauvais mouillage : formation de gouttelettes



D'après <http://www.plasmatreat.fr/produits-installations/determination-de-surface/methode-encre-test.html>

Pour que l'encre adhère correctement à la surface du support à imprimer, il est nécessaire de faire subir un traitement préalable au film de plastique afin de modifier sa tension superficielle.

1. À l'aide du document 1, justifier la nécessité de faire subir un traitement au film de plastique lorsque l'on souhaite utiliser des encres à l'eau dont la tension superficielle vaut $\gamma_{\text{encre}} = 4,5 \times 10^{-2} \text{ N.m}^{-1}$.
2. **Problème à résoudre**
Le film de plastique, qui a subi le traitement, peut-il être utilisé avec une encre à l'eau de tension superficielle $\gamma_{\text{encre}} = 4,5 \times 10^{-2} \text{ N.m}^{-1}$?

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie même si elle n'a pas abouti. L'analyse des données et des documents, ainsi que la démarche suivie seront évaluées et nécessitent d'être correctement présentées.

Document 1. Mouillage des supports solides et adhésion des liquides

À l'interface entre deux milieux existe une certaine contrainte appelée tension superficielle. C'est grâce à la tension superficielle de l'eau que des objets denses comme un trombone peuvent « flotter ».



La tension superficielle γ s'exprime en N.m^{-1} .

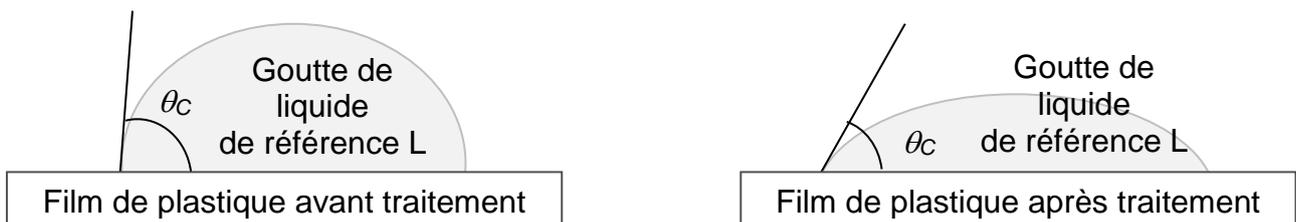
d'après <http://tensionsuperficielle.free.fr/tension-superficielle/>

Pour qu'un liquide mouille une surface solide, il faut que la tension superficielle du liquide soit inférieure à celle du solide. Or, la tension superficielle de l'eau est nettement plus élevée que celle des solvants généralement utilisés dans les encres liquides pour impression sur films d'emballages plastiques. Avant traitement, la tension superficielle γ_P des plastiques utilisés pour ces emballages est relativement faible, de l'ordre de 30 mN.m^{-1} .

D'après : Anne Blayo, *Formulation des encres pour l'impression*, Ed. Tech Ingénieur, 2007

Document 2. « Test de la goutte » à l'aide d'un liquide de référence L

Le principe consiste à mesurer l'angle de contact θ_C d'une goutte du liquide L déposée à la surface du film de plastique.



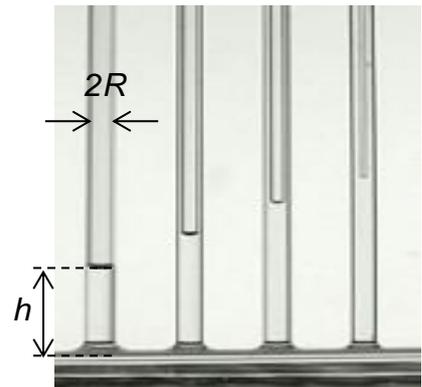
Cette mesure est effectuée à l'aide d'un appareil appelé goniomètre : la goutte du liquide est déposée sur la surface à tester et l'angle de contact θ_C est déterminé par traitement d'image.

Le résultat du test réalisé avec le film de plastique et le liquide de référence L, donne $\theta_C \approx 57^\circ$ après traitement (angle beaucoup plus faible qu'avant traitement).

Document 3. Détermination expérimentale de la tension superficielle γ_L du liquide de référence L

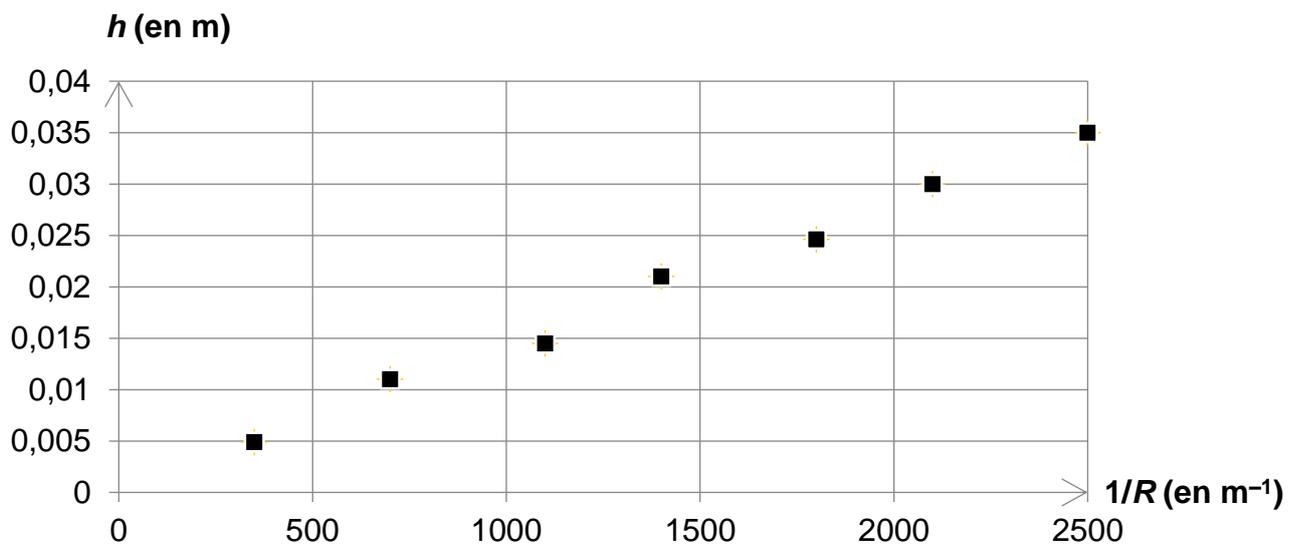
Lorsque l'on plonge un tube de verre étroit de rayon intérieur R dans un liquide, on observe l'ascension h de ce liquide dans le tube : c'est le phénomène de « capillarité » qui dépend directement de la tension superficielle γ_L du liquide utilisé.

On constate que h est d'autant plus élevée que le rayon R est petit.



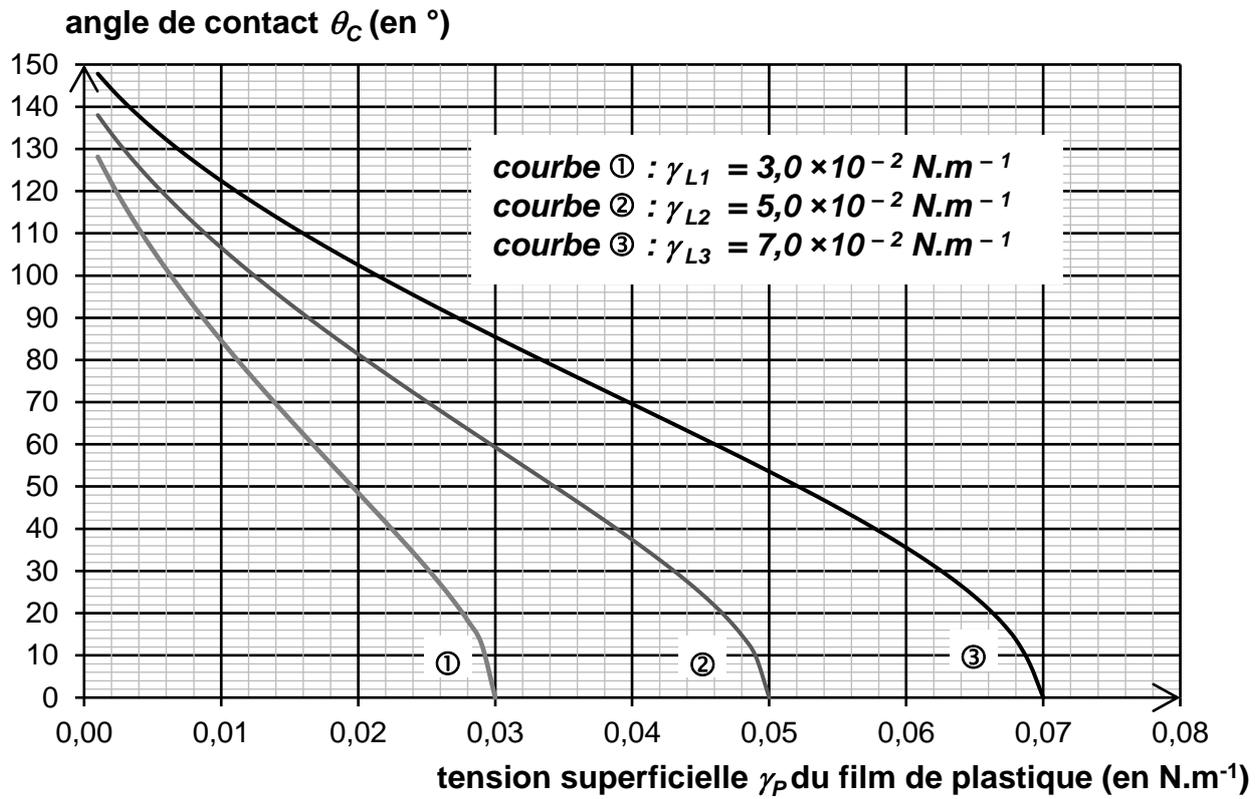
http://femto-physique.fr/mecanique_des_fluides/mecaflu_C4.php#menu²

Les mesures de hauteur h dans une série de tubes calibrés ont permis de tracer l'évolution de h en fonction de $\frac{1}{R}$ pour le liquide de référence L, de tension superficielle γ_L .



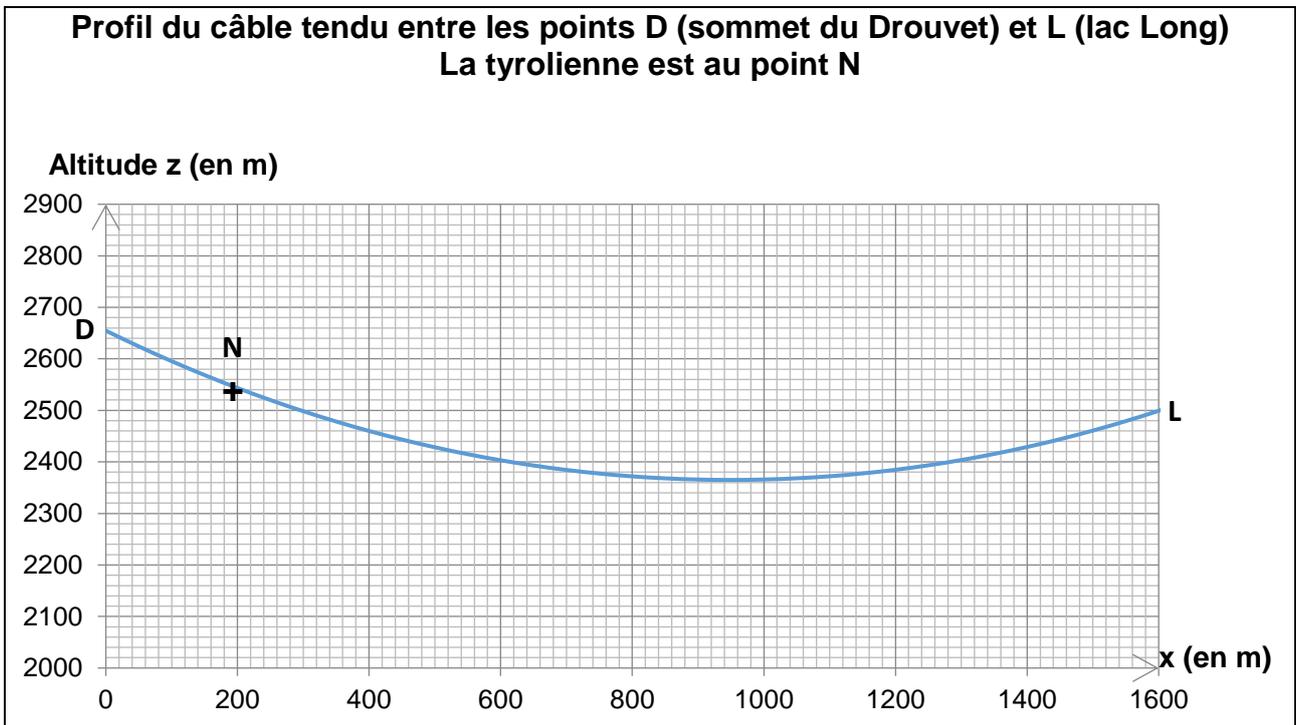
Ce liquide L obéit à la loi de Jurin simplifiée : $h = \frac{2 \gamma_L}{\rho g R}$
 où $\rho = 1,0 \times 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$ est la masse volumique du liquide L
 et $g = 9,8 \text{ N.kg}^{-1}$ l'intensité de la pesanteur

Document 4. Influence de la tension superficielle γ_P du plastique sur l'angle de contact pour trois liquides différents L_1 , L_2 et L_3 lors d'un « test de la goutte ».



d'après <http://www.sinterface.com/service/fundamentals/methods/index.html#>

Exercice I
Réponses aux questions 2 et 6



$Z_M = \dots\dots\dots$

Exercice I
Réponses à la question 7

	Trajet entre D et M	Trajet entre M et L
Travail du poids \vec{P}		
Travail de l'action du câble \vec{R}		
Travail des forces de frottement \vec{f}		

