



# DEVOIR COMMUN

## SPC

**Durée 1h30 ;  
calculatrice autorisée**



Toutes les notions présentes dans ce devoir n'ont pas été vues par tous les élèves de seconde en fonction de leur classe.

**Cependant, chaque élève de seconde, quelque soit sa classe, doit pouvoir traiter au minimum 20 questions lui permettant d'obtenir la note maximale de 20 !!!**

### Exercice I : Une boisson à base de cola

#### **1 – Les boissons au cola : un ancien médicament**

« De nos jours, les sodas à base de cola sont très populaires. Cette première recette de cette boisson était originellement utilisée comme médicament pour désintoxiquer le corps (notamment lorsqu'une addiction à la morphine s'est déclarée).

Dans la première version de la recette, l'un des ingrédients était les feuilles de coca, arbuste d'Amérique du Sud. La feuille de coca contient plusieurs principes actifs : la cocaïne, l'ecgonine et plusieurs dérivés de l'ecgonine. Cependant, la formulation de la boisson a évolué en 1903 car les consommateurs réguliers de sodas ont développé une addiction à la cocaïne. »

1. Définir les mots soulignés dans le texte ci-dessus.

#### **2 – Composition d'un soda au cola**

Voici les ingrédients d'un soda au cola, le soda COLA WATER (fabriqué par Burns Corp) :

« eau gazéifiée ; colorant E150d ; acidifiants : acide phosphorique, citrate de sodium ; édulcorants : aspartame ; acésulfame-K ; arômes naturels (extraits végétaux) dont caféine. »

Le sodium Na est présent sous forme d'ion dans le citrate de sodium.

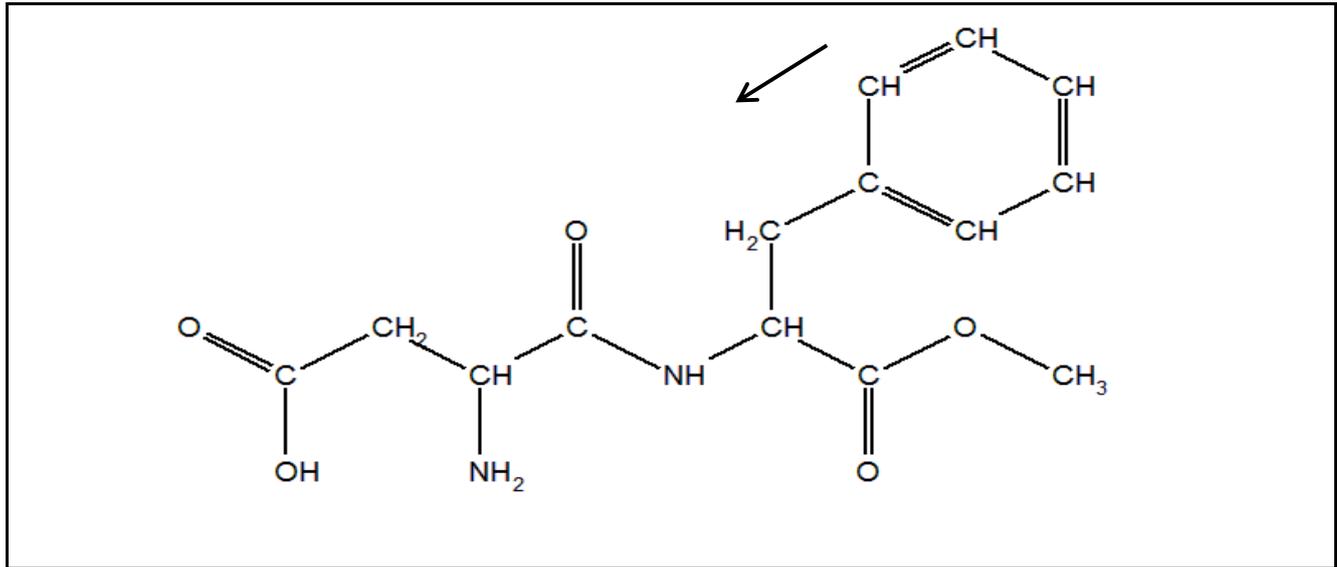
**Données :** *Numéro atomique du sodium : Z=11. Nombre de masse du sodium : A=23*

2. Donner la structure électronique de l'atome de sodium.
3. En déduire la charge électrique de l'ion formé par le sodium.
4. A quelle famille chimique appartient le sodium ? Donner un autre élément chimique de cette famille.

### 3- Étude de l'aspartame

L'aspartame est un édulcorant qui permet de remplacer le sucre.

#### Document : Formule semi-développée de l'aspartame

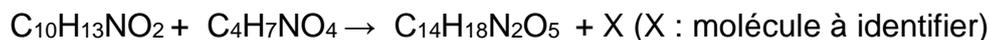


Donnée : groupes caractéristiques

Fonction	alcool	aldéhyde	cétone	acide carboxylique	ester	amine	amide
Groupe caractéristique	—OH					—NH <sub>2</sub> OU —NH— OU —N—	
Nom du groupe	hydroxyle	carbonyle	carbonyle	carboxyle	carboxyle	amine	amide

- Représenter la formule développée de l'aspartame
- Sur la formule développée de la question 6, nommer et entourer les groupes caractéristiques présents dans la molécule d'aspartame.

On peut synthétiser l'aspartame de formule brute  $C_{14}H_{18}N_2O_5$  à partir de l'acide aspartique  $C_4H_7NO_4$  et de l'ester méthylique de la phénylalanine  $C_{10}H_{13}NO_2$  selon l'équation de réaction chimique :



- Identifier et nommer la molécule X.
- L'acide aspartique possède deux isomères : le L-acide aspartique et le D-acide aspartique. Ces molécules ont-elles les mêmes propriétés chimiques ? Expliquer.

#### 4 – Extraction de la caféine du soda COLA WATER

Une bouteille de volume  $V=500$  mL de COLA WATER contient une masse  $m=137$  mg de caféine de formule brute  $C_8H_{10}N_4O_2$ . On considère que la boisson constitue une solution aqueuse de caféine.

Des élèves ont extrait la caféine de 500 mL de la boisson COLA WATER dégazéifiée. Pour ce faire, ils ont réalisé une décantation avec comme solvant extracteur le dichlorométhane.

Ensuite, ils ont séché la phase organique (celle dont le solvant est le dichlorométhane) avec du sulfate de magnésium anhydre puis ils ont filtré la phase organique. Ils ont recueilli par distillation de la caféine quasiment pure qu'ils ont recristallisé pour obtenir la caféine sous forme de poudre blanche puis la poudre a été placée à l'étuve à  $90^\circ\text{C}$ .

Après purification, les élèves ont récupéré la caféine sous forme de poudre blanche. Les élèves ont déterminé qu'ils avaient extrait  $n_{\text{CAF}}(\text{extraite})=3,9 \cdot 10^{-4}$  mol de caféine.

**Données :** Masses molaires atomiques (en  $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ) : H 1,00 ; C 12,0 ; N 14,0 ; O 16,0.

**Donnée :** des caractéristiques physico-chimiques de l'eau, de la caféine et du dichlorométhane.

##### **Eau**

Densité 1,00.

Température d'ébullition :  $100^\circ\text{C}$

Indice de réfraction : 1,33

##### **Caféine**

Solubilité dans le dichlorométhane : très grande

Solubilité dans l'eau : faible

##### **Dichlorométhane**

Densité : 1,33

Température d'ébullition :  $40^\circ\text{C}$

Indice de réfraction : 1,421

Miscibilité nulle avec l'eau

9. A l'aide des données, donner 2 arguments qui ont permis le choix du dichlorométhane comme solvant extracteur.

10. Expliquer l'intérêt des étapes expérimentales soulignées dans le texte ci-dessus.

11. Dans l'ampoule à décanter utilisée lors de la décantation, est-ce la phase aqueuse (dont le solvant est l'eau) ou la phase organique (dont le dichlorométhane est le solvant) qui est la phase inférieure ? Justifier.

12. Calculer la masse molaire  $M$  de la caféine.

13. Calculer, en mol, la quantité de matière de caféine  $n_{\text{CAF}}$  (boisson) contenue dans la boisson.

14. Estimer l'efficacité de l'extraction en calculant le rendement de l'extraction  $R = \frac{n_{\text{CAF}}(\text{extraite})}{n_{\text{CAF}}(\text{boisson})}$ .

## Exercice 2 :

## Mission Rosetta :

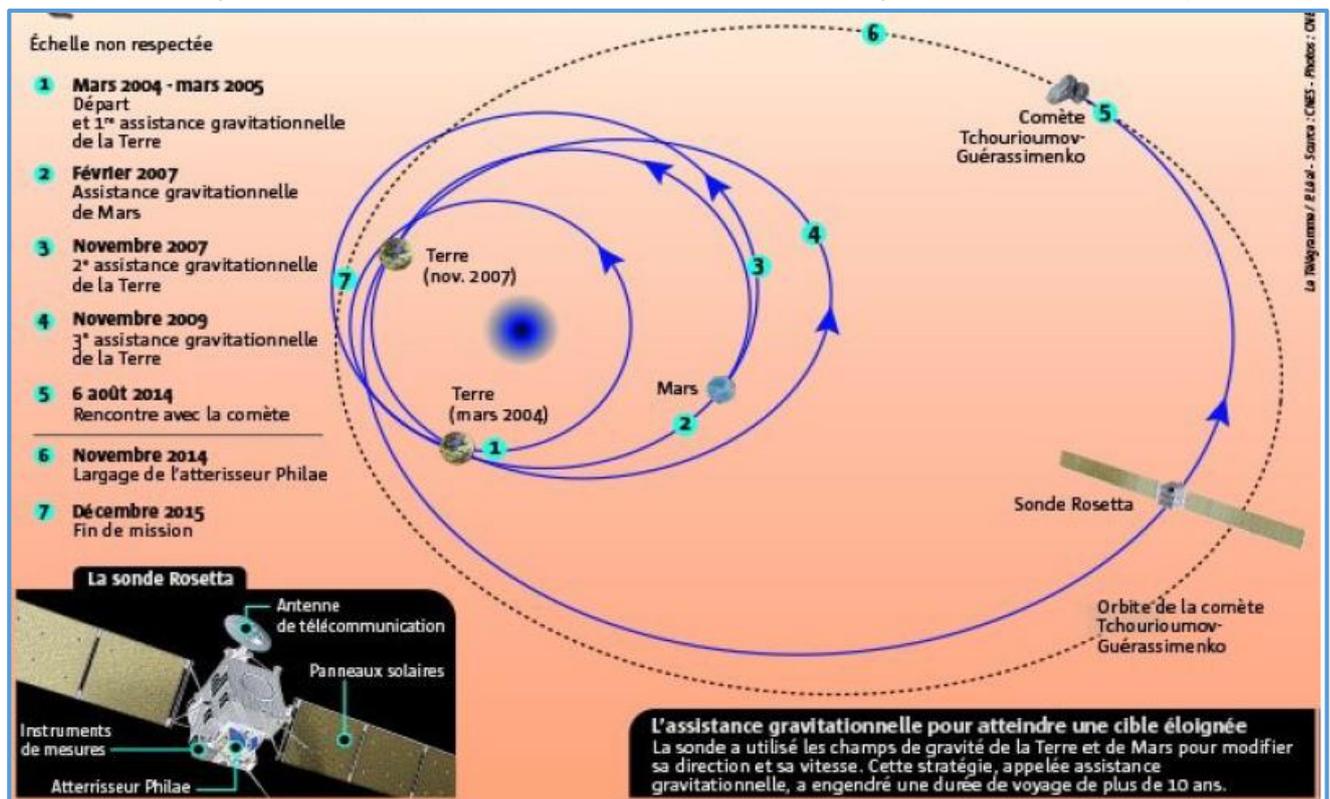
**Rosetta** est une sonde interplanétaire dont l'objectif principal est le rendez-vous avec la **comète 67P** Churyumov-Gerasimenko. afin de recueillir des données sur la composition du noyau de la comète, ainsi que sur son comportement lorsque la comète s'approche du Soleil. Rosetta emporte une suite de onze instruments à bord de l'orbiteur ainsi **qu'un atterrisseur, Philae**, équipé de dix instruments supplémentaires qui réaliseront des mesures en surface.

Les instruments de l'orbiteur combinent les techniques de télédétection, telles que des caméras et des mesures de radio science, avec des systèmes de détection directe, tels que des analyseurs de poussière et de particules.

Les instruments ont été fournis grâce à une collaboration entre les instituts scientifiques des États membres de l'ESA et des USA. Des responsables des différents pays, européens et américains, dirigent les collaborations financées par les pays.

### A- Présentation de la mission

#### Doc1 : Trajectoire de Rosetta depuis son lancement et trajectoire de la comète (pointillés)

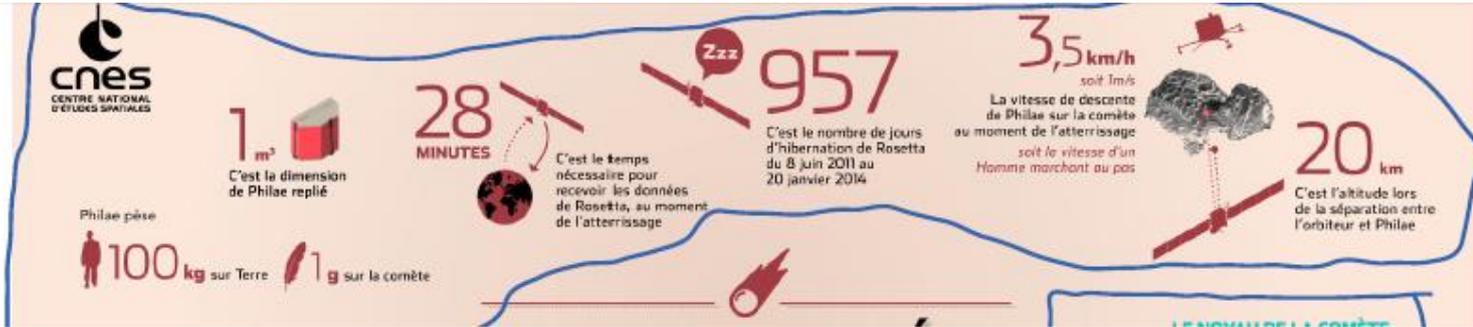


#### Rosetta et son atterrisseur Philae :

#### Philae :



**Doc2 : Quelques chiffres de la mission – données CNES.**



**Doc3 : Données**

Constante de la gravitation  $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$  SI  
Masse du Soleil  $M_S = 1,99 \cdot 10^{30}$  kg  
Masse de la comète  $M_c = 1,0 \cdot 10^{13}$  kg  
L'intensité de la pesanteur d'un astre sphérique,  $g_a$ , se calcule avec la formule :  $g_a = G \cdot M_a / R_a$   
 $M_a$  étant la masse de l'astre en kg et  $R_a$  son rayon en m  
Sur Terre l'intensité de la pesanteur vaut :  $g_T = 9,8$  N.kg<sup>-1</sup>.

1. Dans quel référentiel les trajectoires du doc1 ont-elles été tracées ?
2. Le doc 2 indique que Philae a une vitesse de descente depuis la sonde Rosetta vers la Comète de 3,5 km/h. Dans quel référentiel est-ce ?
3. Le doc 2 indique que « le robot Philaé pèse 100 kg sur Terre et 1g sur la comète ». Est-ce bien rigoureux? Expliquez.
4. Dans un modèle grossier, on peut assimiler la comète à une sphère de 2,5 km de rayon. Calculer l'intensité de pesanteur  $g_c$  sur la comète pour ce modèle.
5. Calculer le poids de Philaé sur la comète puis sur Terre
6. Le calcul précédent est-il en accord avec le document 3 et la question 2)? ( à justifier)

**B- Des nouvelles de la mission.**

Le CNES (centre national d'études spatiales) publie régulièrement sur son site des « nouvelles » de Rosetta : <http://www.cnes.fr/web/CNES-fr/11305-rosetta-rendez-vous-avec-la-comete-churyumov-gerasimenko.php> En voici quelques extraits (dans les cadres) .

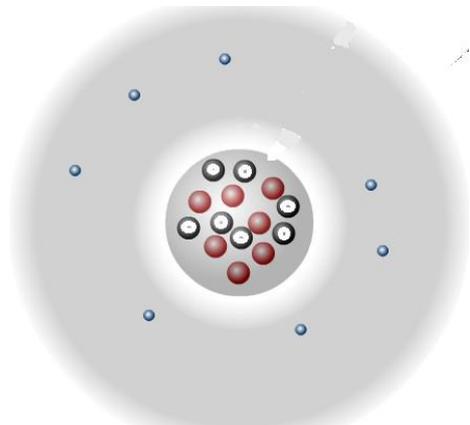
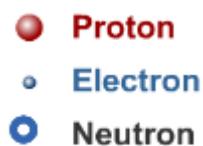
28 octobre 2014  
Bien sûr, il nous est impossible de sentir directement la comète 67P Churyumov-Gerasimenko ! Pourtant, ROSINA, l'un des instruments de Rosetta, nous permet de connaître de plus en plus précisément la nature des gaz qui enveloppent le noyau et, parmi eux, certains ont une odeur puissante.  
ROSINA a bien évidemment confirmé la présence d'eau (H<sub>2</sub>O), de monoxyde et de dioxyde de carbone (CO et CO<sub>2</sub>), qui sont les molécules les plus abondantes dans les noyaux cométaires. D'autres molécules, comme le méthane (CH<sub>4</sub>), l'ammoniac (NH<sub>3</sub>) ou le méthanol (CH<sub>3</sub>OH) ont également été identifiées par ROSINA dès ses 1eres observations. Puis elle a détecté le formaldéhyde (H<sub>2</sub>CO), le sulfure d'hydrogène (H<sub>2</sub>S), cyanure d'hydrogène (HCN), dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) et sulfure de carbone (CS<sub>2</sub>). Précisons que, pour l'heure, toutes les molécules détectées par ROSINA ont déjà été observées dans d'autres comètes.

7. Le carbone C de numéro atomique  $Z=6$  forme toujours 4 liaisons covalentes avec d'autres atomes. Pourquoi ?
8. L'hydrogène H ne peut former lui qu'une seule liaison covalente, et l'oxygène O en établit deux. Proposez une formule développée pour le méthanol  $\text{CH}_3\text{OH}$ , puis pour le formaldéhyde  $\text{H}_2\text{CO}$ .

19 mars 2015

La molécule que Rosetta vient de détecter pour la 1ère fois dans une comète, fournit des clés sur l'environnement thermique dans lequel 67P/Churyumov-Gerasimenko s'est formée : il a fallu des conditions très très froides. Ce processus de formation à très basse température est similaire à celui qui a permis à Pluton et Triton d'acquérir leur glace et est cohérent avec l'origine de la comète dans la ceinture de Kuiper », selon Martin Rubin.

9. Le schéma suivant représente l'élément formant la molécule détectée dans la chevelure de la comète.
  - a) Donnez la composition de son noyau.
  - b) Donnez sa structure électronique.
  - c) Est-ce un atome ou un ion ? justifiez.



10. En chimie comment définit on un élément ?

12 décembre 2014

Les mesures effectuées entre le 8 août et le 5 septembre avec l'instrument ROSINA installée sur Rosetta relancent le débat sur l'origine de l'eau présente sur Terre. Le rapport deutérium/hydrogène de la comète 67P est en effet 3 fois plus élevé que celui de l'eau terrestre.

11. Hydrogène et Deutérium sont des éléments isotopes. Donnez la définition d'éléments isotopes.

### C- Un moment historique : le largage de Philaé.

3 novembre 2014 :

Rosetta vient de quitter l'orbite circulaire à 10 km de distance du centre du noyau qu'elle parcourait depuis mi-octobre pour se diriger vers l'orbite de préparation au largage de Philaé. Le compte à rebours est enclenché.

12 Novembre 2014 :

Philaé, l'atterrisseur de la mission Rosetta, s'est posé à la surface du noyau de la comète ce mercredi 12 novembre 2014 à 16h35 min, heure de Paris. Le signal radio témoignant de cette réussite sans précédent est parvenu sur Terre peu après 17h03 heure de Paris.

12. Quelle durée en seconde s'écoule entre l'émission et la réception du signal radio.

13. Sachant que Philae est alors à  $5,1 \cdot 10^8$  km de la Terre, calculez la vitesse de propagation du signal radio.
14. a) La lumière est une onde électromagnétique. A quelle vitesse se propage t-elle ?  
 b) Quelle est la nature de l'onde radio ? justifiez.

**D- Depuis la Terre.**

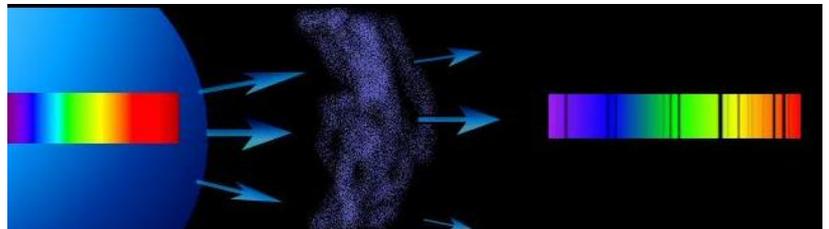
11 août 2014  
 Pour surveiller l'activité de la comète 67P depuis la Terre, les astronomes ont utilisé l'un des 4 télescopes de 8,2 m de diamètre du VLT (Very Large Telescope). Le 11 août dernier le noyau se déplaçait dans la **constellation du Sagittaire** (vue de la Terre), au sein de l'une des régions les plus denses de la Voie lactée.

Nunki est la seconde étoile la plus brillante de la constellation du Sagittaire. Sa luminosité est de 3300 fois celle du Soleil pour à peu près 7 fois sa masse et 5 fois son rayon. Sa température de surface est d'environ 20000 kelvins. Elle appartient au type spectral B3. Elle est située à 224 a.l de la Terre



15. Définir l'année de lumière.

16. Expliquez le schéma ci-contre :



On a photographié, dans les mêmes conditions, le spectre de l'étoile Nunki et celui d'une lampe à vapeur de mercure.

Le schéma ci-contre très simplifié donne la position de quelques-unes des raies observées sur les 2 clichés :



17. Sur le schéma, les deux spectres sont représentés en noir et blanc.

Que verrait-on s'ils étaient en couleur ?

- a) Pour le spectre du mercure ?  
 b) Pour le spectre de l'étoile ?

Le tableau suivant donne les longueurs d'onde et les positions sur l'axe (Ox) des raies numérotées. Avec le spectroscopie utilisé, la différence de longueurs d'ondes de deux raies est proportionnelle à la distance qui les sépare.

Numéro de raie	1	2	3
x (cm)	0,4	17,9	15,6
$\lambda$ (nm)	405	615	?

18. Déterminez la valeur de la constante de proportionnalité.

19. calculez la valeur de  $\lambda_3$  .

20. Quelle information peut on en déduire ?

Elément	Quelques longueurs d'ondes de leurs raies d'émission (en nm)
Hydrogène	397 ..- 434..- 486 - ...656,3 -
Hélium	587,6 - 667,8 - 706,5....
Magnésium	...518,4 - ...631,6.....

*Mercredi 12 novembre 2014 : Le largage de Philae*

La nuit a été longue dans les locaux exigus du CNES à Toulouse.

Pour les centaines de chercheurs, d'ingénieurs et de techniciens européens impliqués depuis de longues années dans cette mission spatiale, ce moment a une saveur bien particulière. C'est l'aboutissement d'un pari improbable : poser un engin bardé d'instruments à la surface d'une comète pour faire de la science in situ aussi longtemps que possible.



Dans les locaux du SONC (CNES, Toulouse), le mercredi 12 novembre 2014, pour l'atterrissage de Philae sur le noyau de la comète 67P. Crédits : CNES/G.Cannat.

L'émotion se traduit souvent par un changement du rythme cardiaque.

On a enregistré l'électrocardiogramme d'un scientifique très impliqué dans le projet Rosetta, au moment du largage de Philae.

L'ECG obtenu :



Le papier défile à 2,5 cm/s Chaque grand carreau correspond à 1,0 cm

21. Déterminez (le plus précisément possible) la période du signal, **a)** d'abord en cm (sur le papier) **b)** puis en seconde

22. Calculez le rythme cardiaque du scientifique.

23. Qu'en pensez-vous ?

Donnée :

Un cœur d'adulte en bonne santé bat au repos entre 30 fois par minute et 100 fois par minute.

Cette nuit là les scientifiques ont beaucoup regardé la pendule, guettant les minutes ...

24. Qualifiez le mouvement de l'extrémité des aiguilles de la pendule en choisissant le vocabulaire parmi : *Rectiligne, circulaire, accéléré, uniforme, ralenti.*



## Exercice 3 : Chimie et Physique au cœur de notre vie

### A- Pour soigner .

Arginine Veyron, solution buvable, boîte de 20 ampoules de 5 mL , est préconisé comme traitement d'appoint dans les digestions difficiles.

Composition par ampoule :

Principe actif : **arginine 1,0 g**

Excipients : **saccharose : 0,80 g** et parahydroxybenzoate de méthyle (E218)



**Arginine** :  $C_6H_{14}N_4O_2$

**Saccharose** :  $C_{12}H_{22}O_{11}$ .

Données :

Eléments	C	H	O	N
Masse molaire en $g \cdot mol^{-1}$	12,0	1,0	16,0	14,0

Nombre d'Avogadro :

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

#### Composition du médicament :

1. Calculez la masse molaire de l'arginine
2. Calculez la quantité de matière d'arginine dans une ampoule.
3. En déduire la concentration molaire d'arginine dans le médicament.
4. Quelle est la concentration massique en saccharose d'une ampoule ?
5. Calculez le nombre de molécules de saccharose contenues dans une ampoule.

#### Préparation du médicament :

Au laboratoire de chimie, on désire préparer une solution  $S_0$ , de volume  $V_0 = 50,0 \text{ mL}$ , de ce médicament par dissolution d'espèces chimiques en poudre.

6. Quelles masses d'arginine et de saccharose faudra-t-il utiliser ?
7. Cocher dans la liste ci-dessous le matériel nécessaire au protocole

<input type="checkbox"/> Balance électronique	<input type="checkbox"/> Fiole jaugée 250 mL	<input type="checkbox"/> éprouvette graduée de 50 mL
<input type="checkbox"/> Pissette d'eau distillée	<input type="checkbox"/> coupelle de pesée	<input type="checkbox"/> Spatule
<input type="checkbox"/> Bécher de 50 mL	<input type="checkbox"/> Pipette jaugée 10 mL	<input type="checkbox"/> propipette ou poire
<input type="checkbox"/> Bécher de 500 mL	<input type="checkbox"/> Pipette jaugée 20 mL	<input type="checkbox"/> pipette à doigt
<input type="checkbox"/> Fiole jaugée de 50 mL	<input type="checkbox"/> Pipette jaugée 25 mL	<input type="checkbox"/> Entonnoir

#### Le bon dosage pour un enfant :

La solution d'arginine étant trop concentrée pour un enfant, on désire diviser la concentration par 5 et fabriquer une nouvelle solution  $S_1$

8. Comment s'appelle cette opération ?
9. Quelle verrerie faudra-t-il choisir pour préparer 100 mL de cette solution ? justifiez.

### B- Pour apaiser.

L'eucalyptus est un arbre originaire d'Australie. Ses feuilles contiennent une huile essentielle odorante dont le principal constituant est une molécule appelée **eucalyptol**. Ce principe actif est à l'origine des propriétés thérapeutiques de l'huile essentielle d'eucalyptus, souvent utilisée en inhalation pour lutter contre les problèmes respiratoires.

## Extraction de l'huile essentielle d'eucalyptus.

On fait bouillir pendant une vingtaine de minutes des feuilles d'eucalyptus émiéttées dans de l'eau.

On obtient alors un mélange d'eau et d'huile essentielle d'eucalyptus.

On veut ensuite « extraire par solvant » l'huile essentielle de ce mélange. Trois solvants sont à notre disposition : cyclohexane, toluène, éthanol.

On donne quelques-unes de leurs caractéristiques ci-dessous :

<i>Solvant</i>	<i>Toluène</i>	<i>Cyclohexane</i>	<i>Ethanol</i>
<i>Miscibilité avec l'eau</i>	<i>Non miscible</i>	<i>Non miscible</i>	<i>Miscible</i>
<i>Solubilité de l'eucalyptol</i>	<i>Peu soluble</i>	<i>Très soluble</i>	<i>Très soluble</i>
<i>Densité</i>	<i>0,87</i>	<i>0,78</i>	<i>0,81</i>

10. Quel solvant extracteur choisiriez-vous ? Justifiez en donnant 2 critères.

11. On introduit dans une ampoule à décanter 5 mL du solvant extracteur choisi et le mélange [eau + huile essentielle], on agite puis on laisse décanter.

a- Que signifie « laisser décanter » ?

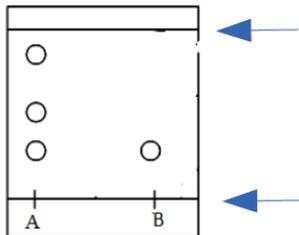
b- Faire un schéma légendé de l'ampoule après décantation et précisez la composition de chaque phase.

## Etude comparative par chromatographie.

On réalise une chromatographie sur couche mince en utilisant comme éluant un mélange de cyclohexane et d'acétate d'éthyle.

- dépôt A : huile essentielle d'eucalyptus extraite des feuilles.

- dépôt B : eucalyptol pur de référence



12. Légendez le schéma. (les 2 flèches)

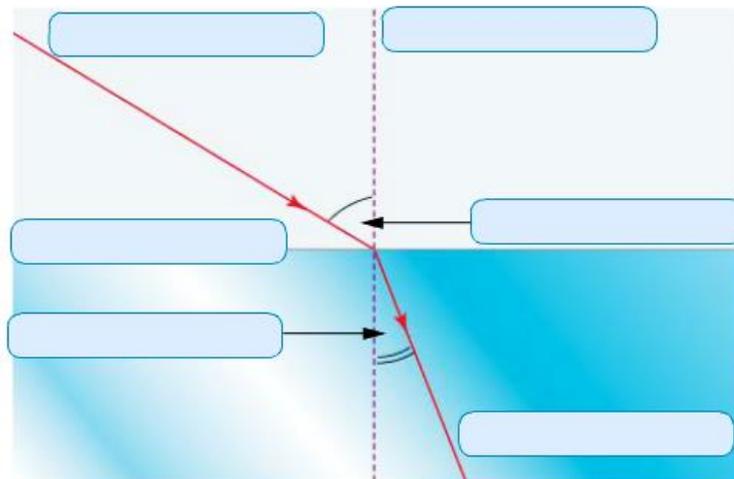
13. Interprétez le chromatogramme .

## B- Dans l'industrie.

Une des méthodes utilisées dans l'industrie pour contrôler la concentration massique en sucre (saccharose) des jus de fruits, pâte de fruits, des sirops, du vin, du miel, des gelées, ..., est la réfractométrie.

### Le phénomène de réfraction :

14. Placer correctement les légendes du schéma :



angle d'incidence

angle de réfraction

normale

orthogonale

rayon incident

rayon réfléchi

rayon réfracté

surface de séparation

L'angle d'incidence  $i_1$  et l'angle de réfraction  $i_2$ , sont liés par la relation de Snell-Descartes :

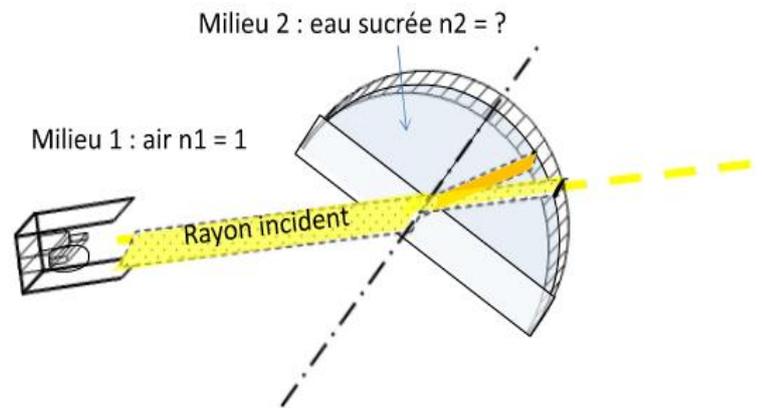
$$n_1 \cdot \sin i_1 = n_2 \cdot \sin i_2 \quad \text{où } n_1 \text{ et } n_2 \text{ sont les indices des milieux (1) et (2)}$$

### Principe de la réfractométrie

- On réalise des solutions sucrées de différentes concentrations massiques.
- On mesure leur indice de réfraction.
- On note les résultats dans un tableau à 2 lignes :  $C_m$  (la concentration massique) et  $n_2$  (l'indice)
- On trace la courbe  $n = f(C_m)$ , c'est la courbe d'étalonnage.
- Lorsque l'on cherche la concentration inconnue d'une solution de saccharose, il suffit alors de mesurer son indice. Puis par une lecture sur la courbe d'en déduire sa concentration.

15. Pour l'une des solutions la mesure a donné :  $i_1 = 50^\circ$  et  $i_2 = 20,8^\circ$

Calculez la valeur de l'indice de réfraction de l'eau sucrée (milieu2)



16. La courbe obtenue est une droite d'équation :

$$n_2 = 0,0002 \times C_m + 1,33$$

La mesure de l'indice de réfraction d'un jus de raisin ayant donné  $n_2 = 1,39$

Calculez la concentration massique en saccharose du jus de raisin.

FIN !!

### Le réfractomètre (pour information)



La lecture se fait en degré Brix :  
Masse de sucre dans 100g de solution.

### Utilisation d'un réfractomètre

