



**OLYMPIADE FRANCOPHONE DE CHIMIE 2017<sup>1</sup>**  
**2<sup>ème</sup> épreuve - NIVEAU 1 (élèves de cinquième année)**

G. DINTILHAC, J.C. DUPONT, D. GRANATOROWICZ, S. LENOIR, V. LONNAY,  
L. MERCINY, M. HUSQUINET-PETIT, C. STEGEN,  
R. CAHAY, J. FURNEMONT

Cette deuxième épreuve de l'Olympiade notée sur **100 points** comprenait **4 problèmes principaux** et **un problème subsidiaire** sur le césium-137 (<sup>137</sup>Cs). La note du problème supplémentaire devait être prise en compte s'il avait fallu départager les ex-aequo en vue de l'EUSO (European Union Science Olympiad). Comme cela n'a pas été nécessaire, les notes à cette question n'ont pas été reprises. Sur les 125 élèves inscrits, 102 élèves ont pris part à cette épreuve. Ils avaient **2 heures** pour répondre et pouvaient utiliser une machine à calculer non programmable. Ils disposaient aussi d'un tableau des masses atomiques relatives et des valeurs de quelques constantes.

Les moyennes obtenues aux différents problèmes ont été les suivantes :

N° problème	1	2	3	4	TOTAL
<b>Matière.</b>	<b>Stoechiométrie. Synthèse de l'aspirine.</b>	<b>Analyse pondérale, formule moléculaire. La quinine.</b>	<b>Quantités de matière, concentrations. Cocktail et alcool.</b>	<b>Quantité de matière, graphiques. Solubilité du sulfate de sodium.</b>	
<b>Maximum</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>100</b>
Moyenne	16,0	12,9	14,7	13,4	57,0
%	<b>63,8</b>	<b>51,5</b>	<b>58,9</b>	<b>53,5</b>	<b>57,0</b>

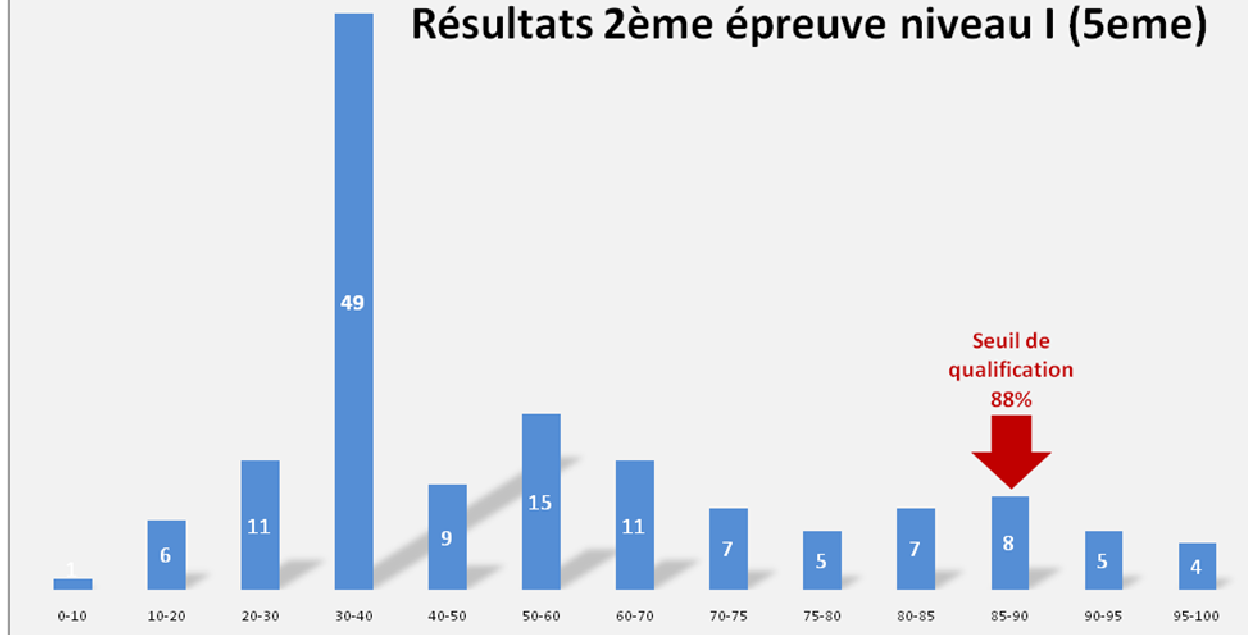
**La moyenne générale obtenue par les élèves ayant participé à l'épreuve a été de 57,0 % un peu meilleure que celle obtenue en 2016 (54,2%).**

L'histogramme des résultats ci-contre montre que le seul pic important se situe aux alentours de 35 % des points, ce qui est anormalement peu.

Sur les 102 élèves qui ont participé à l'épreuve, 49, soit environ la moitié, ont obtenu un score dans cette zone.

<sup>1</sup> Organisée par l'Association des Chimistes de l'Université de Liège (ACLg), avec le soutien de la Politique Scientifique Fédérale ; la Communauté Française de Belgique ; la Communauté Germanophone de Belgique ; la Région Bruxelloise ; les Universités francophones ; l'Association des Chimistes de Louvain, la Société Royale de Chimie ; Co-Valent ; essenscia Wallonie ; essenscia Bruxelles ; Prayon S.A.; UCB Pharma ; Solvay ; les Éditions De Boeck, Larcier, Tondeur ; Le Soir.

## Olympiades de Chimie 2017 Résultats 2ème épreuve niveau I (5eme)



Le problème 1 (Stœchiométrie : 63,8 %) a été le mieux réussi. Les trois autres problèmes ont obtenu une note satisfaisante par rapport aux nouveaux critères de réussite.

Les correcteurs ont relevé des faiblesses concernant les chiffres significatifs (confondus avec le nombre de décimales) et les arrondis dans les calculs intermédiaires et les résultats finaux. A souligner également, la difficulté persistante à exposer et structurer les raisonnements de manière logique.

### Lauréats de l'Olympiade Nationale de Chimie 2017

Les 13 lauréats de 5<sup>e</sup> sont ceux qui ont obtenu une note égale ou supérieure à 88/100.

Ces 13 lauréats de 5<sup>e</sup> 2017 seront admis directement à la 2ème épreuve s'ils s'inscrivent à l'Olympiade de Chimie 2018. Ils pourront aussi s'inscrire aux activités de travaux pratiques des "Chimiste en herbe" organisées par le Département de chimie de l'ULg.

#### Niveau I - 5eme année

Place	NOM	Prénom	Professeur	Ecole
13	CASSART	Mathéo	Mme. Collard	Collège Notre Dame de la Paix (Erpent)
12	CZUPRYNKO	Maciej	Mme. Rouveroy	Dames de Marie (Bruxelles)
11	MAYENCE	Martin	Mme. Evrard	Collège St-Michel du hapois (Gosselies)
10	FREUDENSTEIN	Michael	Mme. Certier	Ecole Européenne de Bruxelles 1
9	PUDLES	Tobiah	M. Boutin	Athénée Royal Cotteau
8	VERVAET	Gwenaël	M. Boutin	Athénée Royal Cotteau
7	PUSIC	Marko	Mme. Evrard	Collège St-Michel du hapois (Gosselies)
6	DUBUS	Benoît	M. Honnard	Collège St-Pierre (Jette)
5	POUCET	Thomas	M. Jaques	Collège Notre Dame de la Paix (Erpent)

4	GOURMAND	Renaud	Mme. Brijak	Athénée Royal Charles Rogier (Liège 1)
3	METHENS	Yan	Mme. Suvéé	Collège Ste-Marie (St-Ghislain)
2	DAGNEAUX	Emeline	Mme. Orfanu	Collège St-Joseph (Chimay)
1	VRAY	Thomas	M.Devleeshower	Athénée Royal de Auderghem

---

## **EUSO 2017**

**Cette deuxième épreuve a permis de sélectionner un étudiant (Thomas Vray) pour participer à l'EUSO (European Union Science Olympiad) qui aura lieu cette année à Copenhague, Danemark, du 7 au 14 mai 2017.**



Chères amies, Chers amis chimistes,

Nous vous félicitons pour votre participation à cette Olympiade.

Lors de cette deuxième épreuve, nous sélectionnerons un étudiant désireux de participer à l'EUSO (European Union Science Olympiad).

Cette Olympiade destinée aux élèves de 5<sup>ème</sup> année proposera à notre lauréat un travail scientifique pluridisciplinaire en compagnie de jeunes biologistes et physiciens en herbe.

### **INSTRUCTIONS**

Cette deuxième épreuve de l'Olympiade est notée sur **100 points** et comprend **4 problèmes principaux et 1 problème subsidiaire**.

La note du problème n°5 ne sera prise en compte que dans l'hypothèse où il faudrait départager les **ex-æquo** en vue de l'EUSO.

Vous avez **2 heures** pour réaliser votre travail ; vous pouvez utiliser une machine à calculer non programmable, mais aucun autre document personnel.

**Répondez à chacun des problèmes sur la feuille où figure l'énoncé et indiquez vos réponses finales dans les cadres prévus à cet effet.**

Indiquez votre raisonnement ainsi que vos calculs d'une manière **claire, dépouillée et schématique**. Indiquez clairement les **unités** utilisées. Vous pouvez présenter vos résultats intermédiaires sous forme arrondie mais veillez à conserver les nombres intermédiaires dans la mémoire de la machine et à les utiliser dans leur intégralité.

Utilisez le formalisme suivant pour désigner les grandeurs, variables et substances concernées; par exemple :  $m_{\text{NaOH}} = 10,1 \text{ g}$ .

Seules les réponses accompagnées d'un **raisonnement** seront prises en compte.

**Détachez** cette première feuille et **conservez-la** en vue de la diffusion des résultats.

**INDIQUEZ VOTRE NUMÉRO SUR CHACUNE DES FEUILLES S.V.P.**

### **BON TRAVAIL !**

Avec le soutien de :

La Communauté Française de Belgique  
La Communauté Germanophone de Belgique  
La Région de Bruxelles - Capitale  
Fédération Wallonie-Bruxelles - Wallonie-Bruxelles international  
ULg et Réjouissiences ; ULB  
UNamur et Atout Sciences ; UCL et Scienceinfuse  
UMons et Sciences et Techniques au carré  
L'Association des Chimistes de l'UCL  
L'Association des Chimistes de l'ULg  
L'Association des Scientifiques de l'ULB

SOLVAY S.A.  
FONDS ERNEST SOLVAY  
PRAYON S.A.  
DE BOECK  
DUNOD  
EURO SPACE CENTER  
ESSENCIA WALLONIE  
ESSENCIA BRUXELLES  
CO-VALENT  
GSK



Co-valent  
Developing talents creates chemistry!



FÉDÉRATION  
WALLONIE-BRUXELLES



Wallonie



SOLVAY



GlaxoSmithKline

Université  
de Liège



RÉGION DE BRUXELLES-CAPITALE  
BRUSSELS HOOFDSTEDELIJK GEWEST



PRAYON



DUNOD

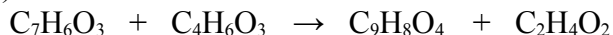
**Votre  
numéro**

**Problème 1**

**Stœchiométrie**

**25 points**

Un chimiste désire synthétiser de l'acide acétylsalicylique ( $C_9H_8O_4$ ) appelé plus communément aspirine, en faisant réagir de l'acide salicylique ( $C_7H_6O_3$ ) avec de l'anhydride acétique ( $C_4H_6O_3$ ) selon la réaction suivante, dont le sous-produit est l'acide acétique (éthanoïque) ( $C_2H_4O_2$ ) :



Afin que son entreprise soit rentable, il a calculé qu'il devait produire 100 kg d'aspirine pour chaque synthèse lancée. Sachant que le rendement<sup>1</sup> de la réaction est de 92 % et que l'anhydride acétique est introduit en excès, quelle masse minimale (en kg) d'acide salicylique doit-il mettre en œuvre pour atteindre son objectif ?

**RÉPONSE** :  $m_{\text{acide salicylique}} =$  \_\_\_\_\_ kg (3 chiffres significatifs)

Ar : H : 1,01 - C : 12,0 - O : 16,0

---

<sup>1</sup>Le rendement ( $\eta$ ) d'une réaction est le rapport entre la masse expérimentale de produit désiré effectivement obtenue et la masse maximale théorique que l'on est en droit d'attendre compte tenu de la stœchiométrie de la réaction et des quantités de réactifs mises en œuvre.

Il s'exprime en pourcents selon l'expression suivante :  $\eta = (m_{\text{exp}} / m_{\text{th}}) \times 100 (\%)$

Votre  
numéro

**Problème 2**

**Analyse pondérale**

**25 points**

La quinine est un alcaloïde tiré de l'écorce du quinquina, un arbre d'Amérique du Sud. Ses propriétés toniques et fébrifuges sont connues depuis le XVIIème siècle. Elle est utilisée dans le traitement de la malaria et entre dans la préparation des boissons "tonic".

Lorsque l'on oxyde complètement un échantillon de 0,484 g de quinine, on recueille 1,32 g de dioxyde de carbone et 0,323 g d'eau. D'autre part, on a déterminé que cet échantillon contenait 0,0421 g de l'élément azote et que la masse molaire de la quinine valait 324 g/mol.

Sur base de ces éléments, déterminez la formule moléculaire,  $C_xH_yO_wN_z$ , de la quinine.

RÉPONSE :

Ar : H : 1,01 - C : 12,0 - N : 14,0 - O : 16,0

On réalise un cocktail pour un ensemble d'invités de la façon suivante :  
On mélange : - 750 mL de rhum de degré alcoolique égal à 40°,  
- 250 mL de Curaçao® de degré alcoolique égal à 21°,  
- 3,50 L de "tonic",  
- 500 mL de jus de citron.

Le degré alcoolique d'une boisson est égal au volume d'éthanol ( $C_2H_5OH$ ), en mL, présent dans 100 mL de cette boisson.

a) Quel est le pourcentage en volume d'alcool du cocktail obtenu ?

RÉPONSE : degré alcoolique cocktail = ° (3 chiffres significatifs)

b) Quelle est la concentration molaire en éthanol du cocktail obtenu ?

RÉPONSE :  $c_{\text{éthanol cocktail}}$  = mol/L (3 chiffres significatifs)

c) Dans l'hypothèse où tout l'éthanol absorbé passe dans le sang du consommateur, calculez la concentration massique d'éthanol (en grammes d'éthanol par litre de sang) d'une personne qui a consommé deux verres de 12,5 cL de ce cocktail ?  
On considère que le volume sanguin de cette personne est de 5,00 L.

RÉPONSE : concentration massique = g/L (3 chiffres significatifs)

d) On peut estimer l'alcoolémie à l'aide de la formule suivante :

$$\text{Alcoolémie} = \frac{\text{Masse d'éthanol absorbé (en g)}}{K \times \text{Poids de l'individu (en kg)}}$$

La constante  $K$  est un coefficient de diffusion (en L/kg) qui tient compte du sexe de l'individu ;  $K$  vaut 0,7 pour un homme et 0,6 pour une femme.

Appliquez cette formule pour déterminer l'alcoolémie du consommateur évoqué en c), sachant qu'il s'agit d'un homme pesant 75 kg et précisez l'unité dans laquelle elle s'exprime.

RÉPONSE : alcoolémie = (3 chiffres significatifs)

Ar : H : 1,01 - C : 12,0 - O : 16,0 -  $\rho_{\text{éthanol}} = 0,789 \text{ kg/dm}^3$ .

Votre  
numéro

**Problème 3**

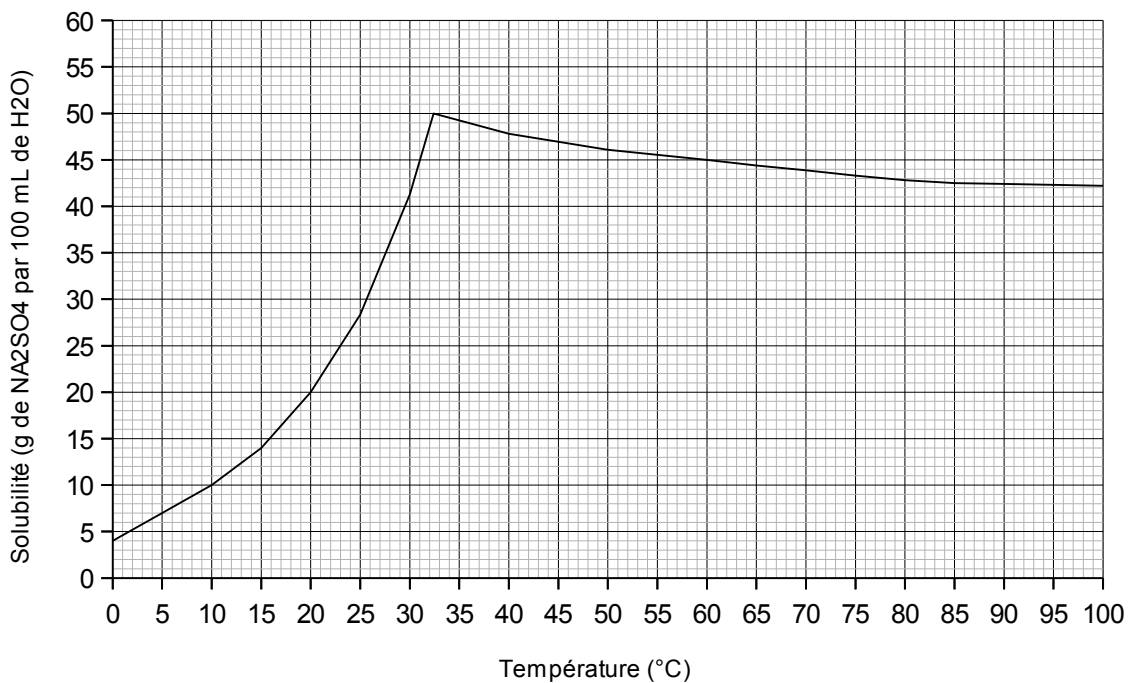
**Quantité de matière - Concentrations**

**25 points**



La courbe de solubilité du sulfate de sodium est un peu particulière. En effet, la solubilité augmente d'abord avec la température et ce jusqu'à 32,4 °C ; ensuite, la solubilité diminue avec la température. Le graphique ci-dessous décrit ces phénomènes. Il représente la masse de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  qui peut se dissoudre dans 100 mL d'eau pure à une température donnée.

Solubilité du sulfate de sodium



a) On introduit 4,5 g de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  dans 10 mL d'eau déminéralisée à 20°C et on homogénéise. On constate qu'une partie du  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  ne se dissout pas. Calculez la concentration massique (en g/L) en ions  $\text{Na}^+$  et  $\text{SO}_4^{2-}$  dans la solution.

RÉPONSE :  $\gamma(\text{Na}^+) =$  \_\_\_\_\_ g/L (5 chiffres significatifs)

RÉPONSE :  $\gamma(\text{SO}_4^{2-}) =$  \_\_\_\_\_ g/L (5 chiffres significatifs)

b) A quelle température minimale faut-il chauffer la solution pour voir l'ensemble du solide se dissoudre.

RÉPONSE : température = \_\_\_\_\_ °C (2 chiffres significatifs)

c) On continue à chauffer la solution. À partir de quelle température peut-on s'attendre à l'apparition d'un précipité ?

RÉPONSE : température = \_\_\_\_\_ °C (2 chiffres significatifs)

d) On arrête le chauffage de la solution à 85 °C. Un précipité de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  s'est déposé au fond du récipient. Calculez la masse de ce précipité.

RÉPONSE :  $m =$  \_\_\_\_\_ g (2 chiffres significatifs)

Votre  
numéro

**Problème 4**

Quantité de matière - Graphiques

**25 points**

**PROBLÈME "BONUS" DESTINÉ À DÉPARTAGER LES EX-AEQUO**

Le césium 137 ( $^{137}\text{Cs}$ ), isotope radioactif de l'élément césium, se forme lors de la fission nucléaire de l'uranium 235. Une fois produit, il se transforme en baryum 137 ( $^{137}\text{Ba}$ ) stable par radioactivité "béta moins". Des quantités importantes de césium 137 se sont déposées sur l'ensemble de la planète suite aux essais nucléaires atmosphériques réalisés jusque dans les années 1980. Le césium 137 est également l'une des principales sources de contamination radioactive lors des accidents de réacteurs nucléaires comme ceux des centrales de Tchernobyl et de Fukushima.

La période  $T$  d'un isotope radioactif est le temps au bout duquel a disparu la moitié du nombre initial d'atomes. Ainsi, il faut 30 ans pour que la moitié du  $^{137}\text{Cs}$  présent dans un milieu se transforme en  $^{137}\text{Ba}$ .

a) Soit un échantillon contenant 10,0 g de césium 137, calculez mathématiquement le temps (en années) au bout duquel il ne subsistera que 0,625 g de césium 137 dans cet échantillon.

<u>RÉPONSE</u> : $t =$ _____ années _____ (3 chiffres significatifs)
--

b) Tracez un graphique représentant la vitesse de transformation des 10 grammes de césium 137 en baryum 137 durant 210 ans. Indiquez clairement les différents points du graphique. Graduez et nommez les axes.

Utilisez les échelles suivantes : 1 cm = 1 g de césium ; 1 cm = 15 ans

**BROUILLON**

## OLYMPIADE FRANCOPHONE DE CHIMIE 2017

NIVEAU I                    ÉLÈVES DE 5<sup>ème</sup> ANNÉE                    SECONDE ÉPREUVE

### REPONSES AUX PROBLÈMES

#### PROBLÈME 1

$$M(\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3) = 138,06 \text{ g/mol} \quad 3 \text{ points}$$

$$M(\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4) = 180,08 \text{ g/mol} \quad 3 \text{ points}$$

$$n(\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4) = 100000 / 180,08 = 555,309 \text{ mol} \quad 4 \text{ points}$$

Pour un rendement de 100 % :

$$n(\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3) = 555,309 \text{ mol} \quad 4 \text{ points}$$

Pour un rendement de 92 % :

$$n(\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3) = (555,309 / 92) \times 100 = 603,596 \text{ mol} \quad 7 \text{ points}$$

$$m(\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3) = 603,596 \times 138,06 = 83332,5 \text{ g} = \mathbf{83,3 \text{ kg}} \quad 4 \text{ points}$$

#### PROBLÈME 2

Calculs relatifs à l'échantillon :

$$M(\text{CO}_2) = 44,0 = \text{ g/mol} \quad 1 \text{ points}$$

$$n(\text{CO}_2) = 1,32 / 44,0 = 0,03 \text{ mol} \quad 2 \text{ points}$$

$$M(\text{H}_2\text{O}) = 18,02 \text{ g/mol} \quad 1 \text{ points}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 0,323 / 18,02 = 0,0179245 \text{ mol} \quad 2 \text{ points}$$

$$n(\text{N}) = 0,0421 / 14,0 = 0,00300714 \text{ mol} \quad 2 \text{ points}$$

$$M_{\text{quinine}} = 324 \text{ g/mol} \quad 1 \text{ point}$$

$$n_{\text{quinine}} = 0,484 / 324 = 0,00149383 \text{ mol} \quad 1 \text{ point}$$

Calculs relatifs à la molécule :

$$n(\text{C}) = 0,03 / 0,00149383 = 20,1 = 20 \quad 3 \text{ points}$$

$$n(\text{H}) = (2 \times 0,0179245 / 0,00149383) = 24,0 = 24 \quad 3 \text{ points}$$

$$n(\text{N}) = 0,00300714 / 0,00149383 = 2,01 = 2 \quad 3 \text{ points}$$

$$m(\text{O}) = (324 - (20 \times 12,0) - (24 \times 1,01) - (2 \times 14,0)) = 31,76 \text{ g} \quad 3 \text{ points}$$

$$n(\text{O}) = 31,76 / 16,0 = 1,99 = 2 \quad 3 \text{ points}$$

**Formule moléculaire de la quinine :  $\text{C}_{20}\text{H}_{24}\text{O}_2\text{N}_2$**

### PROBLÈME 3

- a)  $V_{\text{éthanol rhum}} = 40 \times 7,5 = 300 \text{ mL}$  2 points  
 $V_{\text{éthanol curaçao}} = 21 \times 2,5 = 52,5 \text{ mL}$  2 points  
 $V_{\text{éthanol total}} = 352,5 \text{ mL}$  1 point  
 $V_{\text{total cocktail}} = 5,00 \text{ L}$  1 point  
**degré alcoolique cocktail** =  $(352,5 / 5000) \times 100 = 7,05^\circ$  2 points
- b)  $V_{\text{éthanol total}} = 352,5 \text{ mL}$  1 point  
 $m_{\text{éthanol total}} = 352,5 \times 0,789 = 278,123 \text{ g}$  2 points  
 $M_{\text{éthanol total}} = 46,06 \text{ g/mol}$  1 point  
 $n_{\text{éthanol total}} = 278,123 / 46,06 = 6,03827 \text{ mol}$  2 points  
**c éthanol cocktail** =  $6,03827 / 5,00 = 1,21 \text{ mol/L}$  2 points
- c)  $V_{\text{éthanol ingéré}} = 7,05 \times 2,50 = 17,6250 \text{ mL}$  2 points  
 $m_{\text{éthanol ingéré}} = 17,6250 \times 0,789 = 13,9061 \text{ g}$  2 points  
 **$\gamma$  éthanol sanguin** =  $13,9061 / 5,00 = 2,78 \text{ g/L}$  2 points
- d) **Alcoolémie** =  $13,906125 / (0,7 \times 75) = 0,265 \text{ g/L}$  3 points

### PROBLÈME 4

- a)  $s(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 20,0 \text{ g/100mL}$  3 points  
 $m(\text{Na}_2\text{SO}_4)_{\text{dissous}} = 2,00 \text{ g}$  1 point  
 $M(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 142,1 \text{ g/mol}$  1 point  
 $n(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 2,00 / 142,1 = 0,0140746 \text{ mol}$  1 point  
 $M(\text{Na}^+) = 23,0 \text{ g/mol}$  1 point  
 $m(\text{Na}^+) = 2 \times 0,0140746 \times 23,0 = 0,647431 \text{ g}$  2 points  
 **$\gamma(\text{Na}^+)$**  =  $0,647431 / 0,010 = 64,743 \text{ g/L}$  1 point  
 $M(\text{SO}_4^{2-}) = 96,1 \text{ g/mol}$  1 point  
 $m(\text{SO}_4^{2-}) = 0,0140746 \times 96,1 = 1,35257 \text{ g}$  1 point  
 **$\gamma(\text{SO}_4^{2-})$**  =  $1,35257 / 0,010 = 135,26 \text{ g/L}$  1 point

Attention aux arrondis :  $\gamma(\text{Na}^+) + \gamma(\text{SO}_4^{2-}) = 200 \text{ g/L}$

- b) **Température** = **31 °C** 3 points
- c) **Température** = **60 °C** 3 points
- d)  $s(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 42,5 \text{ g/100mL}$  2 points  
 $m(\text{Na}_2\text{SO}_4)_{\text{dissous}} = 4,25 \text{ g}$  2 points  
 **$m(\text{Na}_2\text{SO}_4)_{\text{précipité}}$**  =  $4,5 - 4,25 = 0,25 \text{ g}$  2 points

### PROBLÈME 5 "BONUS"

- a)  $m_{\text{césium initiale}} / m_{\text{césium finale}} = 10 / 0,625 = 16$  3 points  
nombre de périodes :  $2^x = 16$  ;  $x = 4$  2 points  
**temps de décroissance =  $4 \times 30 = 120$  années** 2 points

b) Axe X :

Nom : 1 point  
Échelle : 1 point  
Graduations : 1 point

Axe Y :

Nom : 1 point  
Échelle : 1 point  
Graduations : 1 point

Graphique :

Construction de la courbe : 1 point  
Précision et soin : 1 point

