



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

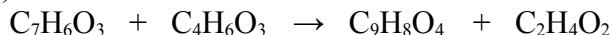
**Votre  
numéro**

**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



Votre  
numéro

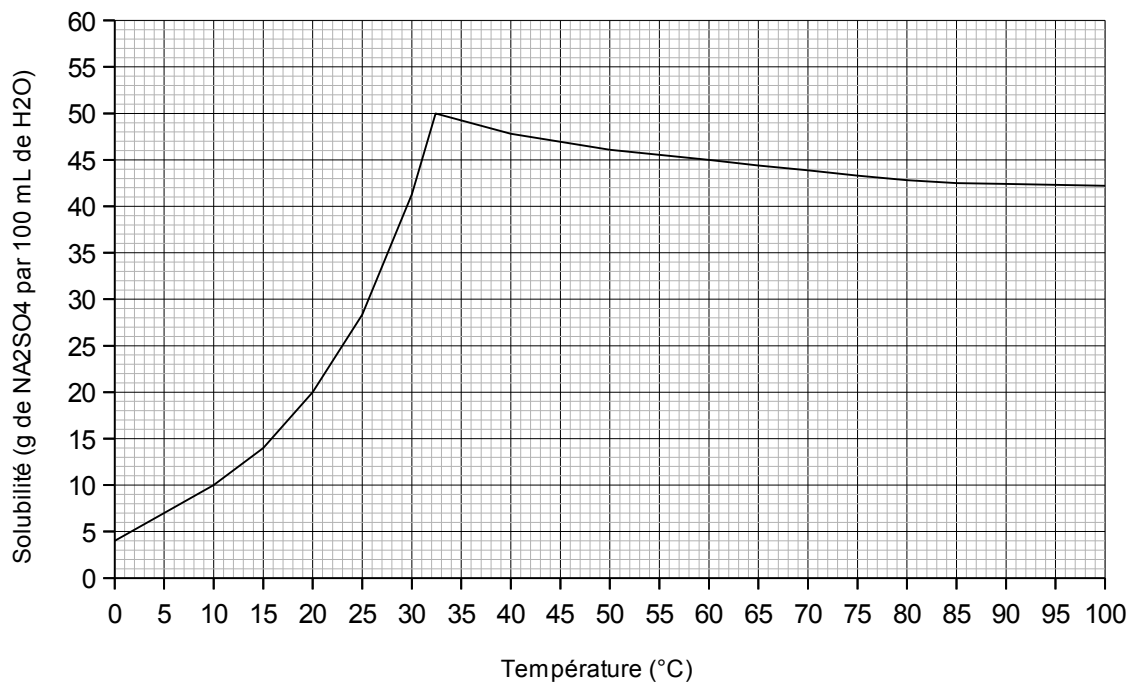
**Problème 3**

**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**