



OLYMPIADE FRANCOPHONE DE CHIMIE 2014

PROBLEMES - NIVEAU I (élèves de 5^{ème})

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

Cette deuxième épreuve de l'Olympiade notée sur **100 points** comprenait **4 problèmes**. Un problème complémentaire était aussi proposé pour départager les ex-æquo éventuels. 88 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
	Masse molaire, concentration	Stœchiométrie, rendement	Titrage, concentration	Formule brute, structure de Lewis	
Maximum	25	25	25	25	100
Moyenne	19,80	17,84	14,84	15,80	68,28
%	79,2	71,4	59,4	63,2	68,3

La moyenne générale obtenue par les élèves ayant participé à l'épreuve a été de 68,3% un peu supérieure à celle obtenue en 2013 (66,90 %).

Alors que les lauréats de 2013 avaient obtenu plus de 90 %, cette année, **les 11 lauréats de 5^e année**, ont obtenu plus de 99 % ; ce sont :

Nom	Prénom	Classement	Ecole	Professeur
ROUSSEAU	Tom	1	Institut Saint-Louis, Namur	F. VAN PACHTERBEKE
VLAEMINCK	Jean-Martin	2	C.S. Maria Assumpta, Laeken	A. ROUSSEAU
LEONARDI	Maxine	3	École Européenne, Bruxelles I	I. QUERTON
GHIIOULEAS	Léna	4	Collège du Christ-Roi, Ottignies	M. DELVIGNE
NUYTEN	Manon	5	Institut Saint-Henri, Comines	D. DE GUSSEM
QUATRESOOZ	Florian	5	Coll. C Mercier, Braine-l'Alleud	A. DE BONT
MARICHAL	Joachim	5	Institut Notre-Dame, Thuin	A. LIEGEOIS
THIEFFRY	Sylvia	8	Athénée A Max, Bruxelles I	I. MESSARI
PACE	Manuel	8	CS Saint-Benoît, Habay	M. VANOVERSCHELDE
VANBRABANT	Martin	8	CS Saint-Benoît, Habay	M. VANOVERSCHELDE
LHUIRE	Anne-Charlotte	11	Athénée Royal, Arlon	M. BAUDOUX

Ces 11 lauréats de 5^{ème} 2014 seront admis directement à la 2^{ème} épreuve s'ils s'inscrivent à l'Olympiade de Chimie 2015.

Pour ce niveau d'épreuve, il faudra absolument veiller à choisir des questions plus difficiles, plus sélectives. Nous avons 10 élèves avec un score de 100/100 et 1 élève à 99/100 (seuil choisi pour la sélection des lauréats de 5^{ème}). Le 5^{ème} problème a permis de les départager mais cela reste trop serré et il reste des ex-æquo. Le lauréat classé 1^{er} et qui va à l'EUSO a obtenu 124/125.

EUSO 2014

Cette deuxième épreuve a permis de sélectionner un étudiant (Tom ROUSSEAU) pour participer à l'EUSO (European Union Science Olympiad) qui a eu lieu cette année à Athènes, Grèce, du 30 mars au 6 avril 2014.

25 pays s'étaient inscrits formant au total 50 équipes en compétition. Les participants âgés de 17 ans au maximum étaient répartis en équipes de 3 personnes. L'olympiade proprement dite comprenait deux épreuves pratiques assorties de questions théoriques et de réflexion. Chaque épreuve pratique comportait des aspects biologiques, chimiques et physiques. Les questions étaient d'un niveau élevé : mesures de viscosité, d'indice de réfraction, de conductance électrique, électrolyse, titrages rédox, spectrophotométrie.

Les équipes belges ont très bien travaillé. L'an passé la médaille d'argent était attribuée à partir de 150/200 environ. Cette année, le niveau était extrêmement élevé et la 1^{ère} médaille d'argent a été attribuée à 175/200, ce qui ne laisse qu'une médaille de bronze pour chaque équipe belge dont les résultats avoisinaient les 150/200.

Toutes nos félicitations aux 3 étudiants de l'équipe francophone. Léonard Hocks en était le « mentor » pour la chimie.

Si vous voulez en savoir plus sur l'EUSO, consultez le site : <http://www.euso2014.eu/>
<http://www.euso.be/euso/Fran/fran.html>

PROBLEMES

PROBLEME 1 (25 points)

Le sulfate de cuivre(II) pentahydraté ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) est utilisé comme algicide (produit antialgues) dans les eaux de certaines piscines. Cela évite la prolifération d'algues et l'eau est ainsi plus propre et sans danger pour le baigneur. La quantité de sulfate de cuivre(II) doit toutefois respecter une teneur limite fixée par la législation. Cette teneur est de 10,0 mg/L en sulfate de cuivre(II) pentahydraté.

- Calculer la masse molaire du sulfate de cuivre(II) pentahydraté.
- Une personne prépare une solution de sulfate de cuivre(II) pentahydraté en plaçant 200 g de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dans un arrosoir de contenance égale à 20,0 L. Calculer la concentration c (en mol/L) de cette solution ?
- Quelle est la couleur de la solution obtenue ?
- Le contenu de l'arrosoir est dispersé dans une piscine de 50,0 m³. Calculer la concentration c (en mol/L) en $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dans l'eau de la piscine.
- Montrer que cette personne respecte la législation.

A_r : Cu : 63,5 - S : 32,1 - O : 16,0 - H : 1,01

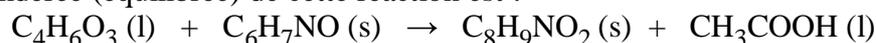
PROBLEME 2 (25 points)

Synthèse d'un analgésique : le paracétamol.

Le paracétamol, de formule $\text{C}_8\text{H}_9\text{NO}_2$ a des propriétés analgésiques (il atténue la douleur) et antipyrétiques (il réduit la fièvre). Il est obtenu par synthèse organique en faisant réagir du 4-aminophénol ($\text{C}_6\text{H}_7\text{NO}$) et de l'anhydride acétique ($\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_3$).

Au cours de cette réaction, il se forme aussi de l'acide éthanoïque (acétique), $\text{CH}_3\text{-COOH}$ ou $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$.

L'équation pondérée (équilibrée) de cette réaction est :



Protocole expérimental :

On dissout par chauffage au bain-marie, 10,0 g de cristaux de 4-aminophénol dans 100 mL d'une solution d'eau et d'acide acétique*.

Après refroidissement, on ajoute 5,00 mL d'anhydride acétique liquide en agitant en permanence.

On chauffe à nouveau au bain-marie à 50,0 °C pendant 20 minutes. On refroidit la solution dans un bain de glace et on observe la formation de cristaux. Ceux-ci sont filtrés et séchés. La masse des cristaux obtenus est égale à 5,70 g.

(NB : l'acide acétique n'intervient pas à ce moment comme réactif mais comme agent facilitant la dissolution du 4-aminophénol)

a) Calculer la masse m (en g) de paracétamol qui pourrait théoriquement se former à partir des quantités de réactifs mises en œuvre.

b) Calculer le rendement η (en %) de cette réaction.

Le rendement 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 :

$$\eta = (m_{\text{exp}} / m_{\text{th}}) \times 100 (\%)$$

(A_r : H : 1,01 - O : 16,0 - C : 12,0 - N : 14,0 - masse volumique ρ $C_4H_6O_3 = 1,08$ g/mL)

PROBLEME 3 (25 points)

Degré d'acidité d'un vinaigre

On dispose d'une bouteille de vinaigre dont on veut déterminer le degré d'acidité.

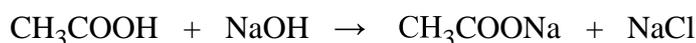
Le degré d'acidité (°) représente la masse d'acide éthanoïque (acétique exprimée) en gramme, présente dans 100 g de vinaigre. 1,00° correspond donc à 1,00 g d'acide acétique pur pour 100 g de vinaigre.

On admet que le seul acide présent dans le vinaigre est l'acide acétique et que la masse volumique du vinaigre est égale à 1,00 g/mL.

On dilue dix fois le vinaigre pour obtenir une solution diluée.

On prélève 20,0 mL de cette solution et on réalise un dosage de l'acide acétique à l'aide d'une solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) de concentration $c = 0,100$ mol/L.

Il faut 20,8 mL de solution d'hydroxyde de sodium pour neutraliser l'acide acétique selon l'équation :



a) Calculer la concentration c (en mol/L) de la solution diluée.

b) Calculer la concentration c (en mol/L) du vinaigre.

c) Calculer le degré d'acidité (en °) de ce vinaigre.

(A_r : H : 1,01 - Na : 23,0 - O : 16,0 - Cl : 35,5 - C : 12,0)

PROBLEME 4 (25 points)

Un brasseur rencontre des problèmes récurrents lors de la cuisson de son moût. Des odeurs désagréables de choux cuit se forment et dénaturent le goût de sa bière. Il décide de confier un échantillon de son brassin à un laboratoire afin de déterminer la nature de la substance indésirable. Après avoir isolé la substance et déterminé qu'elle ne contenait que des atomes de S, H et C, le laboratoire procède à son analyse en vue de déterminer sa structure.

Pour cela, on fait réagir avec du dichlore (Cl_2) une masse 6,20 g de cette substance.

On recueille 21,9 g de HCl, 30,8 g de CCl_4 et 10,3 g de SCl_2 .

a) Déterminer la formule brute la plus simple de ce composé.

- b) A partir de cette formule, proposer une structure de Lewis plausible pour ce composé.
(A_r : Cl : 35,5 - S : 32,1 - O : 16,0 - H : 1,01 - C : 12,0)

PROBLEME 5 (25 points)

PROBLEME COMPLEMENTAIRE DESTINE A DEPARTAGER LES EX-AEQUO

On désire déterminer le pourcentage massique de CaCO₃* d'une roche calcaire. Pour ce faire, on broie un échantillon de roche d'une masse de 9,20 g. On plonge ensuite le solide dans un erlenmeyer contenant précisément 400 mL d'une solution de HCl de concentration $c = 0,500$ mol/L. Une réaction démarre aussitôt ; elle s'accompagne d'un dégagement gazeux.

On laisse cette réaction aller jusqu'à son terme c'est-à-dire jusqu'à la disparition du dégagement gazeux. On prélève alors 100 mL de la solution réactionnelle que l'on dose à l'aide d'une solution de NaOH de concentration $c = 1,00$ mol/L.

Il faut 17,8 mL de cette solution de NaOH pour neutraliser 100 mL de la solution réactionnelle.

(NB : on admettra que CaCO₃ est la seule espèce chimique présente dans la roche qui peut réagir avec HCl)

- Ecrire l'équation pondérée (équilibrée) de la réaction entre le CaCO₃ et HCl
- Ecrire l'équation pondérée (équilibrée) de la réaction du dosage.
- Déterminer le pourcentage massique de la roche en CaCO₃.

(A_r : H : 1,0 - O : 16,0 - Ca : 40,1 - Na : 23,0 - Cl : 35,5 - C = 12,0)

REPONSES

PROBLEME 1 (25 points)

- $M \text{ CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} = 249,7 \text{ g/mol}$ 5 points
 - $c = 200 / (249,7 \times 20,0) = 4,00 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ 5 points
 - Solution bleue 5 points
 - $c = (4,00 \cdot 10^{-2} \times 20,0) / 50,0 \times 10^3 = 1,60 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ 5 points
 - $c_m = 1,60 \times 10^{-5} \text{ mol/L} \times 249,7 = 4,00 \times 10^{-3} \text{ g/L}$ ou 4,00 mg/L
- La législation est respectée 5 points

PROBLEME 2 (25 points)

- $M \text{ C}_4\text{H}_6\text{O}_3 = 102,06 \text{ g/mol}$ 6 points
 $M \text{ C}_6\text{H}_7\text{NO} = 109,07 \text{ g/mol}$
 $M \text{ C}_8\text{H}_9\text{NO}_2 = 151,09 \text{ g/mol}$
- $m \text{ C}_4\text{H}_6\text{O}_3 = 5 \times 1,08 = 5,40 \text{ g}$ 5 points
 $n \text{ C}_4\text{H}_6\text{O}_3 = 5,40 / 102,06 = 0,0529 \text{ mol}$
 $n \text{ C}_6\text{H}_7\text{NO} = 10,0 / 109,07 = 0,0917 \text{ mol}$ 5 points
 $m \text{ théorique } \text{C}_8\text{H}_9\text{NO}_2 = 0,0529 \times 151,09 = 7,99 \text{ g}$ 5 points
- $\eta = (5,70 / 7,99) \times 100 = 71,3 \%$ 4 points

PROBLEME 3 (25 points)

- $c \text{ solution diluée} = (0,100 \times 20,8) / 20 = 0,104 \text{ mol/L}$ 10 points
- $c \text{ vinaigre} = 0,104 \times 10 = 1,04 \text{ mol/L}$ 5 points
- $M \text{ C}_2\text{H}_4\text{O}_2 = 60,04 \text{ g/mol}$ 5 points
- $\text{degré d'acidité} = (60,04 \times 1,04) / 10 = 6,24^\circ$ 5 points

PROBLEME 4 (25 points)

$$S : (10,3 / 103,1) \times 32,1 \times (100 / 6,20) = 51,7 \% \quad 5 \text{ points}$$

$$C : (30,8 / 154) \times 12,0 \times (100 / 6,20) = 38,7 \% \quad 5 \text{ points}$$

$$H : (21,9 / 36,51) \times 1,01 \times (100 / 6,20) = 9,77 \% \quad 5 \text{ points}$$

Formule brute la plus simple : 5 points

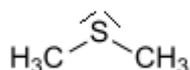
$$S : 51,7 / 32,1 = 1,61 \text{ mol dans } 100 \text{ g de composé } S : 1$$

$$C : 38,7 / 12,0 = 3,23 \text{ mol dans } 100 \text{ g de composé } C : 2$$

$$H : 9,77 / 1,01 = 9,67 \text{ mol dans } 100 \text{ g de composé } H : 6$$

Formule : C_2H_6S

Structure : Diméthylsulfure ou toute autre structure plausible 5 points



VARIANTE ; dans 6,2 g de substance, il y a :

$$S : 10,3 / 103,1 = 0,100 \text{ mol} \quad 5 \text{ points}$$

$$C : 30,8 / 154 = 0,200 \text{ mol} \quad 5 \text{ points}$$

$$H : 21,9 / 36,51 = 0,600 \text{ mol} \quad 5 \text{ points}$$

Formule : C_2H_6S 5 points

Structure : Diméthylsulfure ou toute autre structure plausible 5 points

PROBLEME 5 (25 points)

$$n \text{ HCl dans les } 400 \text{ mL de départ} = 0,500 \times 0,400 = 0,200 \text{ mol} \quad 3 \text{ points}$$

$$n \text{ HCl dans les } 100 \text{ mL prélevés} = 0,0178 \text{ mol} \quad 3 \text{ points}$$

$$n \text{ HCl dans les } 400 \text{ mL de la solution obtenue} = 0,0178 \times 4 = 0,0712 \text{ mol} \quad 3 \text{ points}$$

$$n \text{ HCl consommés} = 0,200 - 0,0712 = 0,129 \text{ mol} \quad 3 \text{ points}$$

$$n \text{ CaCO}_3 = 0,129 / 2 = 0,0644 \text{ mol} \quad 3 \text{ points}$$

$$m \text{ CaCO}_3 = 0,0644 \times 100,01 = 6,44 \text{ g} \quad 2 \text{ points}$$

$$\% \text{ massique} = (6,44 / 9,2) \times 100 = 70,0 \% \quad 2 \text{ points}$$