



OLYMPIADE FRANCOPHONE DE CHIMIE 2012¹ 2^{ème} épreuve -NIVEAU 1 (élèves de cinquième année)

par

Jean-Claude DUPONT, Damien GRANATOROWICZ, Jacques FURNEMONT,
Robert HULS, Josiane KINON-IDCZAK, Sandrine LENOIR,
Véronique LONNAY, Liliane MERCINY, Raymonde MOUTON-LEJEUNE[†].

Cette deuxième épreuve de l'Olympiade notée sur **100 points** comprenait **4 problèmes**. 90 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
	Concentration, neutralisation	Mélanges : degré alcoolique, masse volumique, concentration	Pourcentages massiques, formules	Teneur en cuivre du laiton, titrage	
Maximum	25	20	30	25	100
Moyenne	21,89	14,11	12,81	4,02	52,83
%	87,56	70,56	42,70	16,09	52,83

La moyenne générale obtenue par les élèves ayant participé à l'épreuve a été de 52,83 %, inférieure à celle obtenue en 2011 (57,1 %).

Les 11 lauréats de 5^e année qui ont obtenu 75 % ou plus sont :

WILLEMET	Mathieu	Inst St Joseph Carlsbourg	Yvon MOLINE
RUFO	Alessio	AR Arlon	Michelle BAUDOUX
RUMFELS	Gilles	CS St Benoit St Servais Liège	Danièle GUILLAUME
RADERMECKER	Oskar	Ecole Européenne Bruxelles I	Isabelle QUERTON
DEPREZ	Xavier	AR Waremme	Patricia CROCQ
HOLSTEIN	Tanja	Ecole Européenne Bruxelles I	Isabelle QUERTON
KRIESCHER	Ken	Königliches Atheneum Eupen	Brigitte NIHANT
CORDIER	Corentin	Coll Ste-Marie Saint Ghislain	Christelle SUEVE
MUSQUAR	Claire	Ecole Européenne Bruxelles I	Isabelle QUERTON
DUMORTIER	Alexandre	Institut St Henri Comines	Dominique DEGUSSEM
PIERROT	Manon	AR Ath	Sébastien ROUSSEAU

Les élèves ont bien réussi les problèmes 1 (87,6 %) et 2 (70,6 %) mais ils auraient pu facilement améliorer ce dernier résultat. En effet, ce qui semble leur poser le plus de difficulté, c'est la conversion des diverses unités ; certaines résolutions sont aussi parfaitement incompréhensibles même si on y retrouve une série de nombres (sans précision sur ce qu'ils représentent) qui figurent dans les réponses attendues. Certaines feuilles sont d'ailleurs de vrais jeux de piste pour les correcteurs ! On devrait exiger des élèves une résolution explicitée (grandeurs calculées, unités, raisonnement éventuel suivi, ...).

Le troisième problème a légitimement posé des difficultés. En effet, l'énoncé dépassait le cadre strict des compétences acquises à ce stade du cursus secondaire ; néanmoins on a pu constater avec plaisir la clairvoyance et l'inventivité de la part de beaucoup d'élèves. Cela est particulièrement vrai pour ceux qui sont allés jusqu'à la formule moléculaire et qui ont fait des propositions structurales parfois décoiffantes mais toujours pleines d'imagination et d'enthousiasme.

Quant au dernier problème, il était très difficile pour des élèves de cinquième mais il devait permettre de sélectionner le lauréat qualifié pour l'Euso. Tout était dans l'énoncé mais la longueur en aura désarçonné plus d'un. Beaucoup d'élèves n'ont pas

¹ 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 de Bruxelles Capitale ; les Universités francophones (Bruxelles, Liège, Mons-Hainaut) ; les Associations des Chimistes et des Sciences des Universités (ACLg : Liège ; AScBr : Bruxelles ; ACL : Louvain-la Neuve ; Didactique des Sciences : Mons-Hainaut) ; le Fonds de Formation des Employés de l'Industrie Chimique ; essenscia Wallonie ; essenscia Bruxelles ; Prayon S.A. ; Solvay ; UCB-Pharma ; les Éditions De Boeck ; Le Soir.

compris qu'il s'agissait d'un titrage indirect et ils ne se sont pas servi des équations successives. La plupart des élèves n'ont pas non plus tenu compte de l'eau de cristallisation dans le calcul de la masse molaire. L'oxydoréduction n'est pas maîtrisée à ce stade et les titrages non plus.

La majorité des feuilles étaient tout simplement blanches...ce qui explique la moyenne catastrophique (17,5 %). Ceux qui ont réussi ont parfois utilisé un raisonnement très personnel et pas toujours facile à suivre mais ce problème a quand même permis d'effectuer une sélection pour l'Euso.

Rappelons que l'Olympiade est un concours, un jeu qui appelle au dépassement de soi et non pas une évaluation du niveau des élèves d'un professeur ou d'un établissement donné.

EUSO 2012

Cette deuxième épreuve a permis de sélectionner un étudiant pour participer à l'EUSO (European Union Science Olympiad) qui a lieu cette année à Vilnius. Cette Olympiade, destinée aux élèves de 5^{ème} année, propose aux 3 lauréats des Olympiades de biologie, de chimie et de physique de réaliser un travail scientifique pluridisciplinaire. C'est Mathieu WILLEMET qui a été sélectionné pour participer à cette épreuve. Toutes nos félicitations à l'équipe francophone des 3 étudiants lauréats en biologie, chimie et physique.

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

Problème 1 (25 points)

Un chimiste a laissé tomber une bouteille contenant 1,0 L d'acide chlorhydrique (HCl) de concentration 1,0 mol/L. La bouteille s'est brisée et il faut au plus vite neutraliser le liquide répandu.

Quelle masse (en g) d'hydroxyde de calcium (Ca(OH)₂) faudra-t-il utiliser au minimum (c'est-à-dire la quantité stœchiométrique) pour neutraliser l'acide répandu ?

Ar : H : 1,0 - O : 16,0 - Cl : 35,5 - Ca : 40,1

Problème 2 (20 points)

Un "panaché" est une boisson obtenue en mélangeant 7,0 cL de limonade à 18 cL de bière blonde. Le degré alcoolique de la bière vaut 5,2°, c'est à dire 5,2 mL d'alcool par 100 mL de bière. L'alcool concerné est l'éthanol de formule C₂H₅OH et de masse volumique égale à 0,79 kg/dm³.

Quelle est la concentration molaire (en mol/L) en éthanol du "panaché"?

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

Problème 3 (30 points)

On recherche la formule d'une base azotée constitutive de l'ADN.

On a déterminé que le pourcentage massique en O était de 10,6 %.

Pour déterminer les teneurs en C et en H, on a procédé à la combustion complète de 7,55 g de la substance et on a recueilli une masse de CO₂ égale à 11,0 g et une masse de H₂O égale à 2,25 g.

- Déterminez les pourcentages massiques des éléments carbone, hydrogène, oxygène et azote au sein de cette molécule.
- Quelle est la formule brute (empirique) de cette molécule ?
- Sachant que sa masse molaire moléculaire est égale à 151 g.mol⁻¹, déterminez sa formule moléculaire.
- Proposez une formule de structure développée de cette molécule.
Pour vous aider, sachez que l'azote tout comme le carbone est capable de former des molécules cycliques voire polycycliques.

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

Problème 4 (25 points)

On dispose d'un échantillon de laiton qui est un alliage de cuivre et de zinc. On désire connaître la teneur en cuivre de cet alliage et pour ce faire, on procède à l'expérience ci-dessous. Seul le cuivre présent dans l'alliage est concerné par les opérations menées.

Quelle est la teneur (en %) en Cu de cet alliage ?

- Peser avec précision 20,0 g de métal dans un erlenmeyer de 500 mL.
Ajouter environ 100 mL d'eau distillée puis environ 50,0 mL d'acide nitrique concentré.
Sous la hotte, chauffer sur une plaque chauffante jusqu'à dissolution complète.
Porter à ébullition et maintenir le chauffage jusqu'à disparition des vapeurs rousses.
Laisser refroidir puis transvaser la solution obtenue dans une fiole jaugée de 1,00 L.
Compléter au trait de jauge et homogénéiser soigneusement par retournement de la fiole après avoir bouché celle-ci.
- Prélever, à l'aide d'une pipette jaugée, 25,0 mL de cette solution et les verser dans un erlemeyer de 250 mL.
- Après avoir ajusté le pH de la solution, ajouter environ 10,0 mL de solution d'iodure de potassium KI à 20 %. La couleur brune de l'iode apparaît ainsi qu'un précipité blanc de CuI.

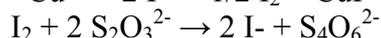
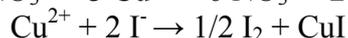
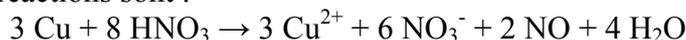
- Titrer ensuite l'iode (I₂) formé par une solution de thiosulfate de sodium jusqu'à disparition de la couleur marron. Le terme du titrage s'établit à 16,0 mL.
- La solution de thiosulfate de sodium (Na₂S₂O₃·5H₂O) a été préparée selon le protocole suivant : Peser exactement 21,0 g de Na₂S₂O₃·5H₂O et transférer la totalité de ce qui a été pesé dans un ballon jaugé de 250 mL.

Rincer la coupelle qui a servi à la pesée et recueillir l'eau de rinçage dans le ballon.

Ajouter de l'eau distillée et agiter pour dissoudre le thiosulfate de sodium.

Ajuster au trait de jauge puis homogénéiser par retournement de la fiole, après avoir bouché celle-ci.

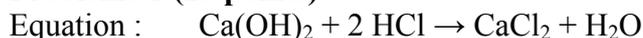
- Les équations des réactions sont :



Ar : H : 1,0 - N : 14,0 - O : 16,0 - C : 12,0 - Cu : 63,6 - I : 126,9 - S : 32,1 - Na : 23,0

RÉPONSES

Problème 1 (25 points)



$n \text{ HCl} = 1,0 \text{ mol}$

$n \text{ Ca(OH)}_2 = 0,5 \text{ mol}$

$M \text{ Ca(OH)}_2 = 74,1 \text{ g/mol}$

$m \text{ Ca(OH)}_2 = 74,1 \times 0,5 = 37,05 \text{ g}$

5 points

5 points

5 points

5 points

5 points

Problème 2 (20 points)

$V \text{ éthanol} = (5,2/100) \times 18 = 0,936 \text{ cL} = 9,36 \text{ mL}$

$m \text{ éthanol} = 9,36 \times 0,79 = 7,394 \text{ g}$

$n \text{ éthanol} = 7,394 / 46,0 = 0,16 \text{ mol}$

$c \text{ éthanol} = 0,16 \times 4 = 0,64 \text{ mol/L}$

5 points

5 points

5 points

5 points

Problème 3 (30 points)

a) $n \text{ C} = n \text{ CO}_2 = 11,0 / 44,0 = 0,25 \text{ mol}$

$m \text{ C} = 0,25 \times 12 = 3 \text{ g}$

$\% \text{ C} = (3 / 7,55) \times 100 = 39,74 \%$

$n \text{ H}_2\text{O} = 2,25 / 18,0 = 0,125 \text{ mol}$

$n \text{ H} = 2 \times 0,125 = 0,250 \text{ mol}$

$m \text{ H} = 0,25 \text{ g}$

$\% \text{ H} = (0,25 / 7,55) \times 100 = 3,31 \%$

$\% \text{ N} = 100 - 3,31 - 39,74 - 10,60 = 46,35 \%$

3 points

3 points

2 points

3 points

3 points

2 points

2 points

2 points

b) $n \text{ C} = 39,74 / 12 = 3,31 = \mathbf{5}$

$n \text{ H} = 3,31 = \mathbf{5}$

$n \text{ N} = 46,35 / 14 = 3,31 = \mathbf{5}$

$n \text{ O} = 10,60 / 16 = 0,66 = \mathbf{1}$

Formule empirique : C₅H₅N₅O

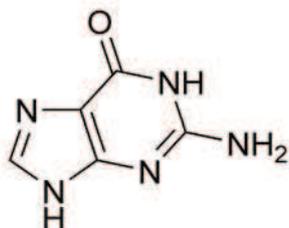
4 points

c) Formule moléculaire : C₅H₅N₅O (guanine)

3 points

d) Formule développée + accepter toute proposition plausible

3 points



Problème 4 (25 points)

$M \text{Na}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O} = 248,2 \text{ g/mol}$	2 points
$n \text{S}_2\text{O}_3^{2-} = 21,0 / 248,2 = 0,085 \text{ mol}$	3 points
$c \text{S}_2\text{O}_3^{2-} = 0,085 \times 4 = 0,338 \text{ mol/L}$	3 points
$n \text{S}_2\text{O}_3^{2-} \text{ titrage} = 0,338 \times 0,016 = 0,0054 \text{ mol}$	3 points
$n \text{I}_2 = 0,0054 / 2 = 0,0027 \text{ mol}$	3 points
$n \text{Cu}^{2+} = 0,0054 \text{ mol}$	3 points
$n \text{Cu}^{2+} \text{ tot} = 0,0054 \times 40 = 0,217 \text{ mol}$	3 points
$m \text{Cu tot} = 0,217 \times 63,6 = 13,78 \text{ g}$	3 points
Teneur en Cu = $(13,78 / 20) \times 100 = 68,9 \%$	2 points