



OLYMPIADE FRANCOPHONE DE CHIMIE 2016¹

2^{ème} épreuve - NIVEAU I (élèves de 5^{ème} année)

par Damien Granatorowicz, Gaëlle Dintilhac, Jean-Claude Dupont, Sandrine Lenoir, Véronique Lonny, Liliane Merciny, Madeleine Petit, Carine Stegen, René Cahay, Jacques Furnémont et Claude Houssier.

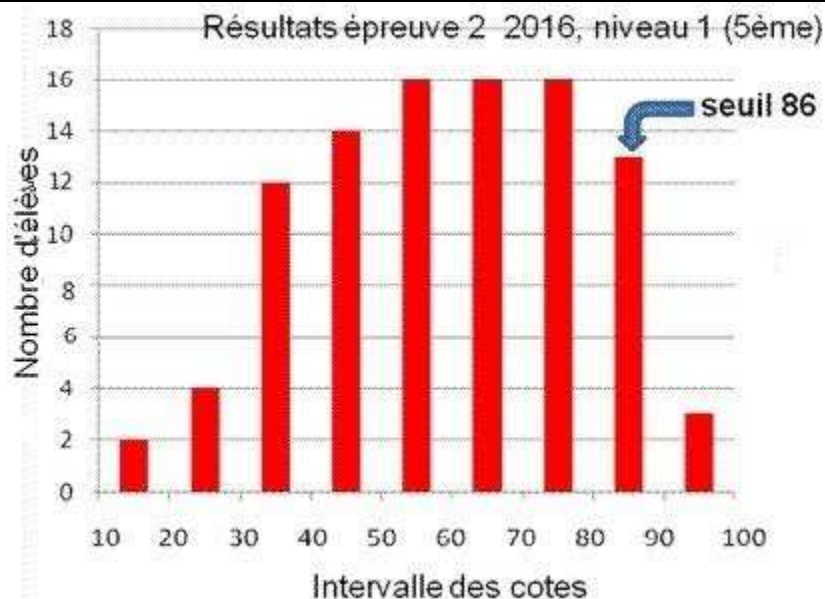
Cette deuxième épreuve de l'Olympiade notée sur **100 points** comprenait **4 problèmes principaux** et **un problème subsidiaire** sur les abondances isotopiques du silicium. Le problème 5 a été corrigé dans le but de départager les lauréats ex-aequo. 96 élèves ont pris part à cette épreuve. Ils avaient **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
Matière	Quantité de matière, concentrations	Concentrations, dilution	Stœchiométrie	Stœchiométrie concentrations	
Maximum	25	25	25	25	100
Moyenne	13,09	16,16	17,44	12,48	59,2
%	52,38	64,63	69,75	49,92	59,2

La moyenne générale obtenue par les élèves ayant participé à l'épreuve a été de **59,2 %** supérieure à celle obtenue en 2015 (54,1%).

L'histogramme des résultats ci-contre montre que les pics principaux se situent entre 45 et 85 % des points. Sur les 96 élèves qui ont participé à l'épreuve, 75 ont obtenu un score dans cette zone.



Seul le problème 3 (Stœchiométrie : 17,44 / 25 soit 69,8 %) a été bien réussi ; il s'agissait de calculer des masses et des concentrations au départ d'une « solution mère ». Les trois autres problèmes ont obtenu une note juste satisfaisante.

¹ Avec le soutien de Co-Valent, la Communauté française : Fédération Wallonie-Bruxelles, la Communauté germanophone, la Région wallonne, la Région de Bruxelles Capitale, Wallonie-Bruxelles international, Solvay, le Fonds Solvay, GSK, essenscia Wallonie, essenscia Bruxelles, Prayon, Les Editions De Boeck et Dunod, Euro Space Center, Les universités et associations ACL, UCL et Sciences infuses, ULg et Réjouissances, UNamur et Atout Sciences, UMOs et Sciences et Techniques au carré, ULB et ASBr.,

Les correcteurs ont remarqué qu'un certain nombre d'élèves confondent chiffres significatifs et chiffres après la virgule. Certains élèves arrondissent leurs résultats de calculs intermédiaires et proposent de la sorte des réponses finales biaisées.

Lauréats Olympiade Nationale de Chimie 2016 – Niveau I (5^{ème})

Les 13 lauréats de 5^e sont ceux qui ont obtenu une note égale ou supérieure à 86/100.

Ces 13 lauréats de 5^e 2016 seront admis directement à la 2^{ème} épreuve s'ils s'inscrivent à l'Olympiade de Chimie 2017. Ils pourront aussi s'inscrire aux activités de travaux pratiques des "Chimistes en herbe" organisées par le département de Chimie de l'ULg ; les frais liés à cette participation seront couverts par l'ACLg.

Voici le classement des lauréats :

Nom	Prénom	Classement	Ecole	Professeur
WINANDY	Tom	1	CS St-Benoît St-Servais, Liège	M.J. MASY
COLBACK	Aurélien	2	Athénée Royal Gilson, Izel	A. DENIS
SCHOEPS	Benoît	3	Athénée Royal Arlon	M. BAUDOUX
Melle TARNUS	Florence	4	Athénée Royal Gilson, Izel	A. DENIS
Melle CHLEIDE	Laura	5	Athénée Royal Gilson, Izel	A. DENIS
LEBAILLY	Alexandre	6	CS St-Benoît St-Servais, Liège	M.J. MASY
Melle LEPEER	Zoé	7	Collège Archiépisopal Cardinal Mercier, Braine-l'Alleud	A. DE BONT
KRECZMAN	Savinien	8	Inst.Inst.Chrétienne - Abbaye de Flone, Amay	I. HAMELRYCKX
ROBERT	Thomas	9	Athénée Royal Mons I	Mr O. GALLET
POTIER	Lucas	10	Coll. Saint-Augustin, Gerpinnes	J. GENEVROIS
GRAFE	Henry	11	Collège du Christ-Roi, Ottignies	C. GILLET
ROTUEUDT	Nicolas	12	Athénée Royal Rogier, Liège 1	D. BRIJAK
DEMOLIN	Lilian	13	École du Futur, Mons	Mr C. VEYS

EUSO 2016

Cette deuxième épreuve a permis de sélectionner un étudiant (Tom WINANDY) pour participer à l'EUSO (European Union Science Olympiad) qui aura lieu à Tartu, Estonie, du 7 au 14 mai 2016. Une préparation de l'équipe Biologie-Chimie-Physique à cette épreuve sera organisée en collaboration avec des délégués de l'ACLg, l'un d'entre eux accompagnant les élèves sélectionnés.

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

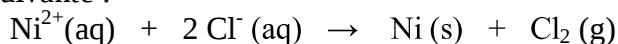
REPONSES

Problème 1. Quantité de matière – Concentrations (25 points)

On désire réaliser un dépôt de nickel d'une épaisseur de 10,0 µm sur les deux faces d'une plaque d'acier d'une surface de 500 cm².

a) Sachant que 1,00 dm³ de nickel métallique a une masse de 8,70 kilogrammes, calculer la masse (en g) de nickel qui sera nécessaire à cette opération.

Le dépôt se pratique par voie électrolytique ; la plaque d'acier, alimentée en électrons, est plongée dans une solution de chlorure de nickel (NiCl₂) et les ions Ni²⁺ sont réduits en nickel métallique à la surface de la plaque d'acier jusqu'à épuisement total de la solution. Le processus chimique se déroule selon l'équation suivante :



Sachant que le volume de la solution utilisée est égal à 2,00 litres, calculer la concentration massique (en g/L) en chlorure de nickel de cette solution.

Problème 2. Concentrations – Dilutions (25 points)

Pour préparer une solution très diluée, il est préférable de pratiquer des dilutions successives au départ d'une solution initiale, appelée "solution mère", plutôt que de prélever un très petit volume de cette solution ou de peser une très petite masse de solide. Une solution S1 contenant une masse de 0,661 g de dichromate de potassium (K₂Cr₂O₇) a été préparée dans un ballon jaugé de 250 mL. On réalise une solution S2 en prélevant 10,0 mL de la solution S1 que l'on place dans un ballon

jaugé de 500 mL et en complétant jusqu'au trait de jauge du ballon à l'aide d'eau déminéralisée. On prélève ensuite 5,00 mL de cette solution S2 que l'on place dans un ballon jaugé de 250 mL et on ajoute de l'eau déminéralisée jusqu'au trait de jauge. On obtient ainsi une solution S3 dont on prélève 25,0 mL à l'aide d'une pipette jaugée. Cette prise d'essai est ensuite déversée dans un erlenmeyer de 250 mL à des fins d'analyse.

- Calculer la concentration (en mol/L) en $K_2Cr_2O_7$ de la solution S3.
- Calculer la masse (en μg) de $K_2Cr_2O_7$ présente dans la prise d'essai.

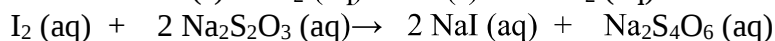
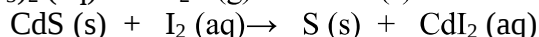
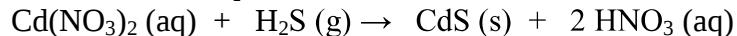
Problème 3 Stœchiométrie (25points)

Une explosion est un phénomène résultant d'une augmentation brutale de volume due à une importante production de gaz lors d'une réaction chimique. C'est le cas de la nitroglycérine ($C_3H_5(NO_3)_3$; masse volumique $\rho = 1,59 \text{ g/cm}^3$), substance liquide qui sous l'effet d'un choc se décompose violemment en quatre substances gazeuses, le diazote (N_2), le dioxygène (O_2), le dioxyde de carbone (CO_2) et l'eau (H_2O).

- Ecrire et équilibrer (pondérer) l'équation de cette réaction explosive.
- Calculer le volume (en m^3) de gaz produit par l'explosion de 1 litre de nitroglycérine liquide. Ce volume de gaz sera considéré dans les conditions normales de température et de pression ($t = 0^\circ C$; $p = 1 \text{ atm}$ ou 101325 Pa).

Problème 4. Stœchiométrie - Concentrations (25 points)

Le sulfure d'hydrogène (H_2S) est un gaz à odeur nauséabonde d'œuf pourri, très dangereux à respirer. Sa concentration dans l'air peut être déterminée selon la méthode suivante. Un échantillon d'air est amené à barboter dans une solution de nitrate de cadmium ($Cd(NO_3)_2$), de sorte que l'ensemble des ions sulfures sont entraînés dans un précipité de sulfure de cadmium (CdS). Ce précipité est ensuite traité par un excès de diiode (I_2), ce qui a pour effet d'oxyder les ions sulfures en soufre élémentaire (S). La quantité de diiode excédentaire est alors déterminée par titrage à l'aide d'une solution de thiosulfate de sodium ($Na_2S_2O_3$), celui-ci étant oxydé en tétrathionate de sodium ($Na_2S_4O_6$) tandis que le diiode est réduit en ions iodure. Les équations relatives à ces réactions sont les suivantes :



Un échantillon de 20,0 litres d'air est mis à barboter dans une solution de nitrate de cadmium. Il se forme une suspension de sulfure de cadmium à laquelle on ajoute 30,0 mL d'une solution de diiode de concentration égale à $1,15 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$. Le diiode qui n'a pas réagi est alors dosé par une solution de thiosulfate de sodium de concentration égale à $7,50 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$. Le volume nécessaire pour atteindre le terme du titrage est égal à 7,65 mL.

- Calculer la masse de sulfure d'hydrogène (en mg) présente dans l'échantillon d'air.
- Calculer la teneur en masse (en ppm) en sulfure d'hydrogène de l'échantillon d'air. 1 ppm désigne une teneur correspondant à une partie par million, dans ce cas, 1 mg de H_2S par kg d'air.
- Calculer la teneur en volume (en ppm) en sulfure d'hydrogène de l'échantillon d'air. 1 ppm désigne une teneur correspondant à une partie par million, dans ce cas, 1 mL de H_2S par m^3 d'air.

Problème 5 subsidiaire - Isotopes (25 points)

L'élément silicium dont la masse atomique relative est égale à 28,0855 possède trois isotopes : le ^{28}Si , le ^{29}Si et le ^{30}Si . Sachant que l'abondance naturelle du ^{28}Si est de 92,2297 %, calculer l'abondance naturelle des deux autres isotopes.

Ar : $^{28}\text{Si} = 27,9769$ - $^{29}\text{Si} = 28,9765$ - $^{30}\text{Si} = 29,9738$

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

Problème 1 (25 points)

- a) $V_{\text{dépôt}} = 2 \times 5,00 \times 10^{-2} \times 10,0 \times 10^{-6} = 1,00 \times 10^{-6} \text{ m}^3$ 5 points
 $m_{\text{nickel}} = 8,70 \times 1,00 \times 10^{-6} = 8,70 \times 10^{-6} \text{ g}$ 5 points
b) $M(\text{NiCl}_2) = 129,7 \text{ g/mol}$ 5 points
 $M(\text{NiCl}_2) = 8,70 \times (129,7 / 58,7) = 19,223 \text{ g}$ 5 points
 $\rho(\text{NiCl}_2) = 19,223 / 2 = 9,61 \text{ g/L}$ 5 points

Problème 2 (25 points)

- a) $M(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = 294,2 \text{ g/mol}$ 2 points
 $n(\text{NiCl}_2) = 0,661 / 294,2 = 2,24677 \times 10^{-3} \text{ mol}$ 3 points
 $c_{\text{S1}} = 2,24677 \times 10^{-3} / 250 \times 10^{-3} = 8,98708 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ 4 points
 $c_{\text{S2}} = 8,98708 \times 10^{-3} \times 10,0 \times 10^{-3} / 500 \times 10^{-3} = 1,79742 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$ 4 points
 $c_{\text{S3}} = 1,79742 \times 10^{-4} \times 5,00 \times 10^{-3} / 250 \times 10^{-3} = 3,59483 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$
 $c_{\text{S3}} = 3,59 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$ 4 points
b) $n(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \text{ prise d'essai}) = 3,59 \times 10^{-6} \times 25 \times 10^{-3} = 8,98708 \cdot 10^{-8} \text{ mol}$ 4 points
 $m(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \text{ prise d'essai}) = 8,98708 \times 10^{-8} \times 294,2 = 2,644 \times 10^{-5} \text{ g} = 26,4 \mu\text{g}$ 4 points

Problème 3 (25 points)

- a) $4 \text{ C}_3\text{H}_5(\text{NO}_3)_3 \rightarrow 6 \text{ N}_2 + \text{O}_2 + 12 \text{ CO}_2 + 10 \text{ H}_2\text{O}$ 10 points
b) $M(\text{C}_3\text{H}_5(\text{NO}_3)_3) = 227,05 \text{ g/mol}$ 3 points
 $m(\text{C}_3\text{H}_5(\text{NO}_3)_3) = 1590 \text{ g}$ 3 points
 $n(\text{C}_3\text{H}_5(\text{NO}_3)_3) = 1590 / 227,05 = 7,00286 \text{ mol}$ 3 points
 $n_{\text{gaz}} = 7,00286 \times (29 / 4) = 50,7708 \text{ mol}$ 3 points
 $V_{\text{gaz}} = 50,7708 \times 22,4 = 1,14 \text{ m}^3$ 3 points

Problème 4 (25 points)

- a) $n(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \text{ dosage}) = 7,65 \times 10^{-3} \times 7,50 \times 10^{-2} = 5,7375 \times 10^{-4} \text{ mol}$ 2 points
 $n(\text{I}_2 \text{ excès}) = 5,7375 \times 10^{-4} / 2 = 2,86875 \times 10^{-4} \text{ mol}$ 2 points
 $n(\text{I}_2 \text{ total}) = 30,0 \times 10^{-3} \times 1,15 \cdot 10^{-2} = 3,45 \times 10^{-4} \text{ mol}$ 2 points
 $n(\text{I}_2 \text{ réaction}) = 3,45 \times 10^{-4} - 2,86875 \times 10^{-4} = 5,8125 \times 10^{-5} \text{ mol}$ 3 points
 $n(\text{Cd}^{2+}) = 5,8125 \times 10^{-5} \text{ mol}$ 2 points
 $n(\text{H}_2\text{S}) = 5,8125 \times 10^{-5} \text{ mol}$ 2 points
 $M(\text{H}_2\text{S}) = 34,02 \text{ g/mol}$ 2 points
 $m(\text{H}_2\text{S}) = 5,8125 \times 10^{-5} \times 34,02 = 1,9774125 \times 10^{-3} \text{ g} = 1,98 \text{ mg}$ 2 points
b) $m_{\text{air}} = 20,0 \times 1,29 = 25,8 \text{ g}$ 2 points
teneur massique en $\text{H}_2\text{S} = 1,9774125 \text{ mg} / 25,8 \times 10^{-3} \text{ kg} = 76,6 \text{ ppm}$ 2 points
 $V(\text{H}_2\text{S}) = 5,8125 \times 10^{-5} \times 22,4 = 1,302 \times 10^{-3} \text{ L}$ 2 points
teneur volumique en $\text{H}_2\text{S} = 1,302 \text{ mL} / 20,0 \times 10^{-3} \text{ m}^3 = 65,1 \text{ ppm}$ 2 points

Problème 5 subsidiaire (25 points)

La masse atomique relative du silicium naturel est reliée aux masses atomiques relatives de ses 3 isotopes et à leurs proportions par :

$$M_{\text{AR}} \text{ Si} = 28,0855 = (\% \text{ } ^{28}\text{Si}) \times M_{\text{AR}} \text{ } ^{28}\text{Si} + (\% \text{ } ^{29}\text{Si}) \times M_{\text{AR}} \text{ } ^{29}\text{Si} + (\% \text{ } ^{30}\text{Si}) \times M_{\text{AR}} \text{ } ^{30}\text{Si} \quad 5 \text{ points}$$

En désignant par y la proportion de l'isotope ^{29}Si , la proportion de l'isotope ^{30}Si vaut

$$(1 - 0,922297 - y) = 0,077703 - y \text{ et la relation ci-dessus s'écrit :} \quad 5 \text{ points}$$

$$28,0855 = 0,922297 \times 27,9769 + y \times 28,9765 + (0,077703 - y) \times 29,9738 \quad 5 \text{ points}$$

d'où l'on tire :

$$y = 0,0463212 ; \text{abondance } ^{29}\text{Si} = 4,63 \% \quad 5 \text{ points}$$

$$0,077703 - y = 0,0313818 ; \text{abondance } ^{30}\text{Si} = 3,14 \% \quad 5 \text{ points}$$