



## OLYMPIADE FRANCOPHONE DE CHIMIE 2006<sup>1</sup>

### NIVEAU 1 (élèves de cinquième année)

#### deuxième épreuve : PROBLEMES

par

Damien GRANATOROWICZ, Jean-Claude DUPONT, Jacques FURNEMONT, Robert HULS,  
Josiane KINON-IDCZAK, Véronique LONNAY, Liliane MERCINY, Raymonde MOUTON-  
LEJEUNE

Cette deuxième épreuve de l'Olympiade notée sur **100 points** comprenait **4 problèmes à 25 points**. 114 élèves ont pris part à cette épreuve. Ils avaient **2 heures** pour répondre et pouvaient utiliser une machine à calculer non programmable, mais aucun autre document personnel. Ils disposaient aussi d'un **tableau des masses atomiques relatives avec les valeurs de quelques constantes**.

Les moyennes obtenues aux différents problèmes ont été les suivantes :

N° problème	1	2	3	4	TOTAL
Maximum	25	25	25	25	100
Moyenne	19,4	15,1	14,7	16,2	65,3
%	<b>77,6</b>	<b>60,4</b>	<b>58,8</b>	<b>64,8</b>	<b>65,3</b>

La moyenne générale obtenue par les élèves ayant participé à l'épreuve a été de **65,3 %**, bien meilleure que celle obtenue en 2005 (51,5 %). Avec des moyennes de 67,97 pour la première épreuve et de 65,3 pour les problèmes, on peut considérer que le niveau des questions était bien adapté aux compétences des étudiants. Notons que les 4 exercices ont recueilli au moins 59 %. On peut également remarquer que le problème 4 qui traitait de techniques inconnues des élèves et qui demandait un effort de compréhension à la lecture a recueilli une moyenne de 64.8 % ce qui est encourageant.

**Les 11 lauréats de 5<sup>e</sup> année.** Tous ont obtenu plus de 90%.

1. HUBERLAND Vincent, Athénée Royal de et à ENGHEN ; professeur : Mme CROQUET
2. ABDELHAMID Karim, Athénée Provincial Waroqué à MORLANWEZ ; professeur : Mme FUINO
3. LOODTS Vanessa, Institut de la Vierge Fidèle à BRUXELLES ; professeur : Mme LAMBERT  
RABAUX Thomas, Collège Ste Marie à MOUSCRON ; professeur : M. VRIELYNCK
5. HISETTE Quentin, Institut de l'Instruction Chrétienne à FLONE ; professeur : Mme HIERNAUX
6. GERASIMTCHIK Kasili, Athénée Provincial Waroqué à MORLANWEZ ; professeur : Mme FUINO
7. LU ANH KHOA Augustin, Collège St Servais à LIEGE ; professeur : Mme GUILLAUME
8. HUBERT Maxime, Athénée Royal de et à ARLON ; professeur : Mme BAUDOUX  
DE VOS Thomas, Athénée Provincial Waroqué à MORLANWEZ ; professeur : Mme FUINO  
TAMINIAUX Nicolas, Institut de l'Enfant Jésus à NIVELLES ; professeur : Mme de LOCHT  
VAUDOISEY Paul, Ecole Européenne à BRUXELLES ; professeur : M. LELAIDIER

#### EUSO 2006

Cette deuxième épreuve a permis de sélectionner un étudiant pour participer à l'EUSO (European Union Science Olympiad) qui a lieu cette année à Bruxelles. Cette Olympiade, destinée aux élèves de 5<sup>ème</sup> année, propose aux 3 lauréats des Olympiades de biologie, de chimie et de physique de réaliser un travail scientifique pluridisciplinaire.

<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 Région Bruxelloise ; la Communauté Germanophone de Belgique ; les Universités francophones ; Solvay ; Le Soir ; UCB-Pharma ; Prayon S.A.; les Editions De Boeck ; Larcier ; Tondeur ; Fedichem Wallonie ; Fedichem Bruxelles; le Fonds de Formation Employés de l'Industrie chimique ; Belgochlor ; Belgian Shell ; la Société Royale de Chimie ; l'Association des Scientifiques sortis de l'Université libre de Bruxelles (AScBr) ; l'Association des Chimistes sortis de l'Université catholique de Louvain (ACL) et le Centre de Didactique des Sciences de l'Université de Mons-Hainaut.

C'est Vincent Huberland qui a été sélectionné pour former l'équipe francophone avec Marianne Maquet et Nicolas Dechamps ; ils ont remporté une médaille d'argent.

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

---

### Problème 1 (25 points)

La rouille de fer a une composition chimique qui n'est pas toujours bien définie, mais on peut admettre qu'il s'agit de l'oxyde de formule  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

La tour Eiffel a nécessité, pour sa construction, 6900 t de fer.

1) Ecrivez l'équation de cette transformation.

Si tout ce fer était transformé en rouille,

2) quelle serait la masse (en tonnes) de rouille obtenue ?

3) quel serait le volume (en  $\text{m}^3$ ) de dioxygène nécessaire pour que cette transformation se réalise ?

---

### Problème 2 (25 points)

Une installation de chauffage utilise 3600 L de fuel ( $\rho = 0,9 \text{ g/cm}^3$ ) par an. La teneur en soufre de ce carburant est de 0,3 % en masse.

Au cours de la combustion, il se forme du dioxyde de soufre qui se transforme par la suite en acide sulfurique.

1) Ecrivez les équations correspondant à la transformation du soufre en acide sulfurique.

2) Calculez la masse (en kg) d'acide sulfurique formée annuellement par cette installation.

---

### Problème 3 (25 points)

On mélange des masses égales de Zn et d' $\text{I}_2$  que l'on transforme en  $\text{ZnI}_2$ .

1) Ecrivez l'équation de la réaction.

2) Quelle est la fraction pondérale de Zn qui sera en excès ?

---

### Problème 4 (25 points)

#### L'HUILE ESSENTIELLE D'EUCALYPTUS :

L'eucalyptus est un arbre originaire d'Australie. Ses feuilles contiennent une huile essentielle odorante dont le principal constituant est une molécule appelée l'eucalyptol. Ce principe actif est à l'origine des propriétés thérapeutiques de l'huile essentielle d'eucalyptus, souvent utilisée en inhalation pour lutter contre les problèmes respiratoires.

A- Extraction de l'huile essentielle d'eucalyptus.

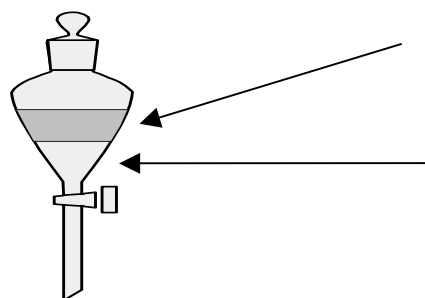
On fait bouillir pendant une vingtaine de minutes des feuilles d'eucalyptus émietées dans de l'eau. On obtient alors un mélange d'eau et d'huile essentielle d'eucalyptus. On veut ensuite " extraire par solvant " l'huile essentielle de ce mélange. Trois solvants sont à notre disposition : cyclohexane, toluène, éthanol. On donne quelques-unes de leurs caractéristiques ci-dessous :

Solvant	Toluène	Cyclohexane	Ethanol
Miscibilité avec l'eau	Non miscible	Non miscible	Miscible
Solubilité de l'eucalyptol	Peu soluble	Très soluble	Très soluble
Densité	0,87	0,78	0,81

1) Quel solvant extracteur choisiriez-vous ?

On introduit dans une ampoule à décanter 5 mL du solvant extracteur choisi et le mélange [eau + huile essentielle] ; on agite puis on laisse décanter.

2) Indiquez et justifiez l'ordre et le contenu des phases.



### B- Synthèse d'une substance odorante courante :

L'acétate d'isoamyle est une substance odorante présente dans beaucoup d'arômes naturels. Cette espèce chimique peut être synthétisée en laboratoire en suivant le protocole décrit ci-dessous :

On mélange tout d'abord dans un ballon  $V_1 = 5$  mL d'alcool isoamylique ( $C_5H_{12}O$ ) avec  $n_2 = 0,14$  mole d'acide acétique pur ( $C_2H_4O_2$ ). On ajoute ensuite un peu d'acide sulfurique  $H_2SO_4$  concentré pour accélérer la transformation chimique. L'acide sulfurique n'est pas consommé au cours de la transformation, ce n'est donc pas un réactif.

Au cours du chauffage, il se forme de l'acétate d'isoamyle ( $C_7H_{14}O_2$ ) et de l'eau ( $H_2O$ ). Après 20 min de chauffage, on refroidit le ballon sous l'eau froide, puis on verse son contenu dans une ampoule à décanter contenant 50 mL d'une solution aqueuse de NaCl. On agite et on laisse décanter. On observe alors deux phases. On recueille la phase organique.

Données : Masses volumiques :  $\rho(\text{alcool isoamylique}) = 0,81 \text{ g mL}^{-1}$  ;  $\rho(\text{acide acétique}) = 1,05 \text{ g mL}^{-1}$ .

- 3) Calculez la masse molaire moléculaire de l'acide acétique.
- 4) Calculez la masse d'acide acétique à introduire dans le ballon.
- 5) Déduisez le volume d'acide acétique à introduire dans le ballon.
- 6) Quels sont les réactifs de cette synthèse ?
- 7) Quels sont les produits de cette synthèse ?
- 8) Comment appelle-t-on une substance qui accélère une réaction chimique et qui n'est pas consommée au cours de la réaction ?
- 9) Pourquoi utilise-t-on une solution aqueuse de NaCl plutôt que de l'eau pure ?

### C- Etude comparative par chromatographie :

La technique de chromatographie sur couche mince (CCM) consiste en un déplacement des composés sur une plaque de silice (dioxyde de silicium) au moyen d'un solvant migrant sur cette plaque. Le déplacement subi est une des caractéristiques de la nature des molécules.

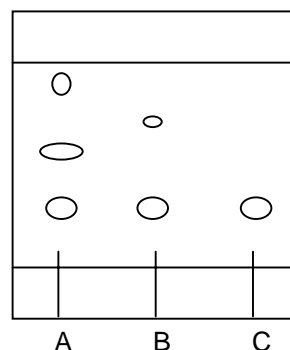
On réalise une chromatographie sur couche mince en utilisant comme éluant un mélange de cyclohexane et d'acétate d'éthyle.

On obtient le résultat suivant :

Dépôt A : huile essentielle d'eucalyptus extraite des feuilles.

Dépôt B : produit de la synthèse de l'acétate d'isoamyle.

Dépôt C : acétate d'isoamyle de référence (substance pure)



- 10) Indiquez les marques correspondant à l'acétate d'isoamyle.
- 11) Que pouvez-vous déduire du fait que le dépôt A donne plusieurs marques après élution ?
- 12) Le dépôt B présente deux marques après élution. Quelle pourrait être la nature de la seconde ?

## RÉPONSES

### Problème 1 25 points

- 1)  $2 \text{ Fe} + 3/2 \text{ O}_2 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3$  5 points
- 2)  $n_{\text{Fe}_2\text{O}_3} = 6,177 \times 10^7 \text{ mol}$  ;  $M_{\text{Fe}_2\text{O}_3} = 159,7 \text{ g/mol}$  ;  $m_{\text{Fe}_2\text{O}_3} = 9,86 \times 10^3 \text{ t}$  3 x 4 points
- 3)  $n_{\text{O}_2} = 9,266 \times 10^7 \text{ mol}$  ;  $V_{\text{O}_2} = 2,076 \times 10^6 \text{ m}^3$  2 x 4 points
- 

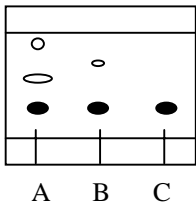
### Problème 2 25 points

- 1)  $\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_2$  ;  $\text{SO}_2 + \frac{1}{2} \text{ O}_2 \rightarrow \text{SO}_3$  ;  $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$  3 x 2 points
- 2)  $m_{\text{fuel}} = 3,240 \times 10^6 \text{ g}$  ;  $m_{\text{S}} = 9,72 \times 10^3 \text{ g}$  ;  $n_{\text{S}} = 303,09 \text{ mol}$  3 x 5 points
- $m_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 29,72 \text{ kg}$  4 points
- 

### Problème 3 25 points

- 1)  $\text{Zn} + \text{I}_2 \rightarrow \text{ZnI}_2$  5 points
- 2) Soit une masse de 10 g : 20 points
- $n_{\text{Zn}} = 0,1529 \text{ mol}$  ;  $n_{\text{I}_2} = 0,0394 \text{ mol}$  ;  $n_{\text{Zn}} \text{ en excès} = 0,1529 - 0,0394 = 0,1135 \text{ mol}$
- Fraction de Zn =  $0,1135 \text{ mol} / 0,1529 \text{ mol} = 0,74$
- 

### Problème 4 25 points

- 1) Cyclohexane 3 points
- 2) Phase supérieure : cyclohexane + huile essentielle 3 points  
Phase inférieure : eau
- 3)  $M_{\text{acide acétique}} = 60 \text{ g/mol}$  1 point
- 4)  $m_{\text{acide acétique}} = 0,14 \text{ mol} \times 60 \text{ g mol}^{-1} = 8,4 \text{ g}$  2 points
- 5)  $V_{\text{acide acétique}} = 8 \text{ mL}$  2 points
- 6) Réactifs : acide acétique + alcool isoamylique 2 points
- 7) Produits : acétate d'isoamyle + eau 2 points
- 8) Catalyseur 2 points
- 9) *Densité ou solubilité (relargage) ou séchage phase organique* 2 points
- 10)  2 points  
Les marques noires correspondent à l'acétate d'isoamyle
- 11) L'huile essentielle est composée d'au moins trois substances différentes 2 points
- 12) Alcool isoamylique 2 points