



OLYMPIADE FRANCOPHONE DE CHIMIE 2015¹

1^{ère} épreuve -NIVEAU 1 (élèves de 5^{ème} année)

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

683 élèves de cinquième année se sont inscrits au niveau I et ont présenté la première épreuve dans leur école ; c'est une trentaine d'élèves inscrits de moins qu'en 2014 (712) ; notons aussi que 14 élèves de quatrième se sont inscrits à l'épreuve de 5^{ème}, assurant la relève ! Les résultats de 600 élèves nous sont parvenus ; c'est une cinquantaine de moins que l'année dernière (647). Voilà donc deux années de suite que le nombre d'inscrits en cinquième est en baisse. Il est vrai que 2013 avait été une année exceptionnelle.

Comme en 2014, l'épreuve était notée sur 100 points et les élèves devaient, en 2 h, répondre à 17 questions ; les copies étaient corrigées par les professeurs.

Les moyennes obtenues aux différentes questions ont été les suivantes :

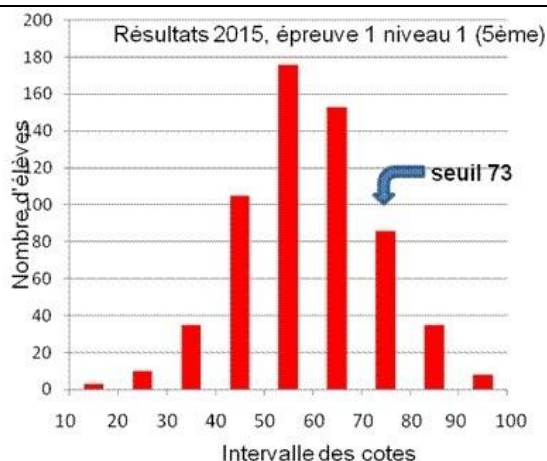
N° question	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Maximum	4	4	4	5	6	10	5	6	6	5
Moyenne	3,01	2,25	1,14	0,53	4,64	5,94	2,10	3,99	4,89	1,37
%	75,20	56,35	28,38	10,62	77,33	59,38	42,02	66,50	81,51	27,36

N° question	11	12	13	14	15	16	17	Total
Maximum	10	5	5	6	5	8	6	100
Moyenne	9,27	2,76	1,37	2,85	4,09	4,20	3,90	58,28
%	92,66	55,11	27,36	47,45	81,82	52,50	64,93	58,28

La moyenne générale obtenue par les élèves ayant participé à l'épreuve a été de 58,28 % soit une moyenne proche que celle obtenue en 2014 (60,3 %).

Sur l'histogramme des résultats ci-contre, on voit que les pics se situent aux alentours de 50 à 70 % des points et comprennent environ 330 élèves sur les 600 qui ont participé à l'épreuve.

Les 103 élèves qui ont obtenu 73 % et plus ont été admis à la 2^{ème} épreuve. 89 d'entre eux s'y sont présentés.



¹ Avec le soutien de la Politique scientifique fédérale ; la Communauté Française de Belgique ; la Communauté Germanophone de Belgique ; Solvay ; Le Soir ; Prayon sa ; les Editions De Boeck ; Larcier ; Tondeur ; essenscia Wallonie; essenscia Bruxelles ; Co-valent ; la Société Royale de Chimie ; la Région Bruxelloise ; les Universités Francophones.

L'examen des résultats appelle les commentaires suivants.

- Trois questions ont donné de très bons résultats : Q11 / 92,66 % (équilibre / pondération d'équations) ; Q15 / 81,82 % (propriétés des gaz) ; Q9 / 81,51 % (concentrations).
- 4 questions ont obtenu des résultats plus que satisfaisants : Q5 / 77,33 % (composés du gallium) ; Q1 / 75,20 % (structure électronique) ; Q8 / 66,50 % (calculs de masses et de quantités de matière) ; Q17 / 64,93 % (appareillage et acide benzoïque).
- 4 questions ont donné des résultats suffisants : Q6 / 59,38 % (nomenclature, structure de Lewis, polarité des molécules) ; Q2 / 56,35 % (évolution dans le tableau périodique) ; Q12 / 55,11 % (combustion du butane et calculs stœchiométriques) ; Q16 / 52,50 % (lecture de graphique).
- Les résultats aux 6 autres questions étaient totalement insuffisants, voire très mauvais : Q14 / 47,45 % (équilibre / pondération d'équations) ; Q7 / 42,02 % (masse volumique de la vapeur d'eau) ; Q3 / 28,38 % (électrons de cœur) ; Q10 / 27,36 % (dilution) ; Q13 / 27,36 % (stœchiométrie) ; Q4 / 10,62 % (formules chimiques).

Avec une moyenne générale de 58,28 %, on peut considérer que les élèves inscrits maîtrisaient les matières abordées.

Toutefois, bien que leurs formulations soit inhabituelle, les résultats obtenus aux questions sur les électrons de cœur (Q3 / 28,38 %) et la dilution (Q10 / 27,36 %) interpellent car il s'agit de matières généralement bien maîtrisées. La notion d'électron de cœur aurait-elle disparu ?

Que dire alors du résultat à la question Q4 (10,62 %) où il fallait identifier une formule incorrecte (NaF_2) parmi 5 formules chimiques proposées. Il se peut que la présence de NaBH_4 ait perturbé les élèves ! Les rédacteurs avaient d'ailleurs hésité sur le choix de ce composé.

Nous remercions chaleureusement les professeurs qui ont corrigé cette épreuve, contribuant cette année encore au succès de l'Olympiade de chimie.

QUESTIONS

QUESTION I (4 pts)

- a) Un ion sulfure dont le nombre de masse est 32 possède (*entourez la bonne réponse*)
- (i) 16 électrons ; 16 protons ; 16 neutrons
 - (ii) 16 électrons ; 14 protons ; 16 neutrons
 - (iii) 18 électrons ; 16 protons ; 16 neutrons
- b) L'élément **X** possède les 4 isotopes suivants :
- $${}^{11}_6\text{X} \quad {}^{12}_6\text{X} \quad {}^{13}_6\text{X} \quad {}^{14}_6\text{X}$$
- Quel est le nom de cet élément ?
- c) Ces 4 isotopes possèdent (*entourez la bonne réponse*) :
- (i) 6 protons et 6 électrons
 - (ii) 6 protons et 6 neutrons
 - (iii) 6 neutrons et 6 électrons
- d) L'isotope ${}^{13}_6\text{X}$ possède (*entourez la bonne réponse*) :
- (i) 6 électrons ; 7 protons ; 6 neutrons
 - (ii) 6 électrons ; 6 protons ; 6 neutrons
 - (iii) 6 électrons ; 6 protons ; 7 neutrons

QUESTION II (4 pts)

Répondez par VRAI ou par FAUX (*entourez la bonne réponse*) :

- a) Dans une période, le rayon atomique décroît de gauche à droite. VRAI / FAUX
 b) Le rayon ionique d'un cation est inférieur à son rayon atomique. VRAI / FAUX
 c) Dans une famille, le rayon atomique croît de haut en bas. VRAI / FAUX
 d) Un atome de grande énergie d'ionisation forme facilement un cation. VRAI / FAUX

QUESTION III (4 pts)

Parmi les ensembles d'éléments suivants, quel est celui dont les électrons de cœur de chaque élément correspondent à la structure électronique du néon ? (*Entourez la bonne réponse*).

- a) Li, Na, K b) He, Ne, Ar c) Li, B, Be d) P, S, Cl e) K, Ca, Cl

QUESTION IV (5 pts)

Parmi les composés ci-dessous, entourez celui ou ceux dont la formule est incorrecte.

- a) Na₂O b) NaCl c) NaF₂ d) Na₂O₂ e) NaBH₄ f) NaOCl

QUESTION V (6 pts)

Le gallium (Ga) est un métal blanc-argenté qui présente la particularité de fondre dans la main. En effet, sa température de fusion est d'environ 30°C. Il est utilisé en électronique.

Il fut découvert en 1875 par Paul-Émile Lecoq mais dès 1869, Mendeleïev avait prévu une case vide dans son tableau pour un élément de masse atomique qu'il évaluait à 68 et qui formerait des composés analogues à ceux que forme l'aluminium. Il l'avait d'ailleurs nommé "eka-aluminium" ce qui peut se traduire par "sous l'aluminium".

- a) Selon Mendeleïev, le gallium devait réagir avec l'oxygène pour donner un composé ayant un point de fusion élevé. Quelle est la formule de ce composé?
 b) Mendeleïev avait prévu également une combinaison avec le soufre. Quelle est la formule du composé attendu ?
 c) Le gallium peut aussi se combiner avec le chlore pour former un composé de température de fusion inférieure à 100°C. De quel composé s'agit-il?

QUESTION VI (10 pts)

Donnez le nom et la géométrie des espèces chimiques suivantes ; dessinez leur structure de Lewis ; indiquez, à l'aide d'une croix, si ces molécules sont polaires ou apolaires.

Formule	Nom	Structure de Lewis	Géométrie	Polaire	Apolaire
CO ₂					
BCl ₃					
HCN					
SiCl ₄					
PH ₃					

QUESTION VII (5 pts)

Calculez la masse volumique de la vapeur d'eau (*entourez la bonne réponse*).

La vapeur d'eau (l'eau à l'état gazeux) est ici considérée comme un gaz parfait et aux conditions normales de température et de pression.

- a) 0,804 g/L b) 0,804 kg/L c) 1,00 g/L d) 1,00 kg/L e) 18,0 g/L

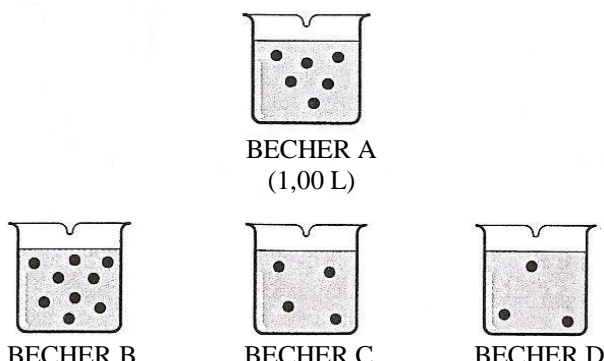
QUESTION VIII (6 pts)*(arrondissez votre réponse à l'unité)*

- a) Calculez la masse (en g) de 4,00 moles de Na_3PO_4 .
 b) Combien de moles contiennent 700 g de HCl ?
 c) Quelle masse de Al_2O_3 contient 50,0 g d'oxygène ?

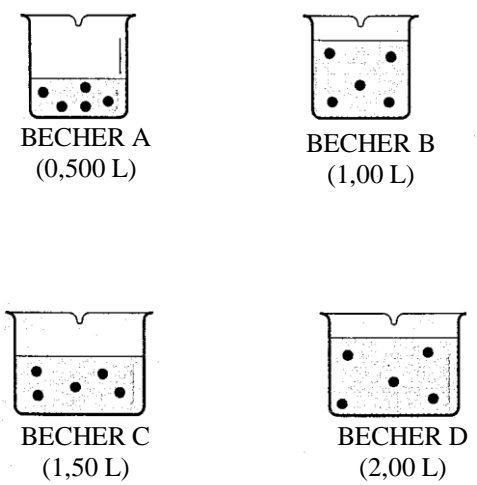
QUESTION IX (6 pts)

- a) Quel doit être le volume de solution (en L) des béchers B, C et D pour obtenir la même concentration que dans le bécher A ?

Les quantités de matière de soluté sont figurées par les boules noires.

<p><u>Volumes des solutions</u></p> <p>BECHER B : L</p> <p>BECHER C : L</p> <p>BECHER D : L</p>	 <p>BECHER A (1,00 L)</p> <p>BECHER B</p> <p>BECHER C</p> <p>BECHER D</p>
---	---

- b) Classez les 4 béchers suivants par ordre croissant de concentration des solutions qu'ils contiennent.

<p><u>CLASSEMENT</u> (le moins concentré en haut ; le plus concentré en bas)</p> <p>BECHER :</p> <p>BECHER :</p> <p>BECHER :</p> <p>BECHER :</p>	 <p>BECHER A (0,500 L)</p> <p>BECHER B (1,00 L)</p> <p>BECHER C (1,50 L)</p> <p>BECHER D (2,00 L)</p>
--	---

QUESTION X (5 pts)

Quel volume d'eau faut-il ajouter à 400 mL d'une solution de concentration c_1 pour obtenir une solution diluée de concentration $c_2 = 0,625 c_1$?

(Entourez la bonne réponse)

- a) 225 mL b) 240 mL c) 250 mL d) 625 mL e) 640 mL

QUESTION XI (10 pts)

Équilibrez (pondérez) les équations suivantes :

- a) $\text{Cu}_2\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CuO} + \text{SO}_2$
 b) $\text{Mg} + \text{NH}_3 \rightarrow \text{Mg}_3\text{N}_2 + \text{H}_2$
 c) $\text{Na} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NaOH} + \text{H}_2$
 d) $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + \text{H}_2$
 e) $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + \text{O}_2$

QUESTION XII (5 pts)

La combustion du butane se déroule selon l'équation suivante :



Quelle masse de dioxygène faut-il pour brûler 100 L de butane (mesurés dans les CNTP) ?

(Entourez la bonne réponse)

- a) 929 g b) 464 g c) 358 g d) 143 g e) 71,0 g

QUESTION XIII (5 pts)

Lors de la calcination d'un échantillon de 1,00 g de phosphate de nickel hydraté $\text{Ni}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$, le sel perd une masse d'eau égale à 0,282 g.

Déterminez le nombre de molécules d'eau de cristallisation, x .

(Entourez la bonne réponse) ($A_r \text{Ni} = 58,69$)

- a) 3 b) 6 c) 8 d) 10 e) 18

QUESTION XIV (6 pts)

Écrivez les équations pondérées (équilibrées) correspondant aux réactions décrites.

- a) Quand on verse du chlorure d'hydrogène sur une roche calcaire (carbonate de calcium), on constate une effervescence.
- b) Une poudre noire est un mélange de nitrate de potassium, de soufre et de carbone. Lorsqu'elle explose, du sulfure de potassium se forme ainsi que du dioxyde de carbone et du diazote dont l'expansion crée un souffle déflagrant accompagné d'une émission de bruit.

QUESTION XV (5 pts)

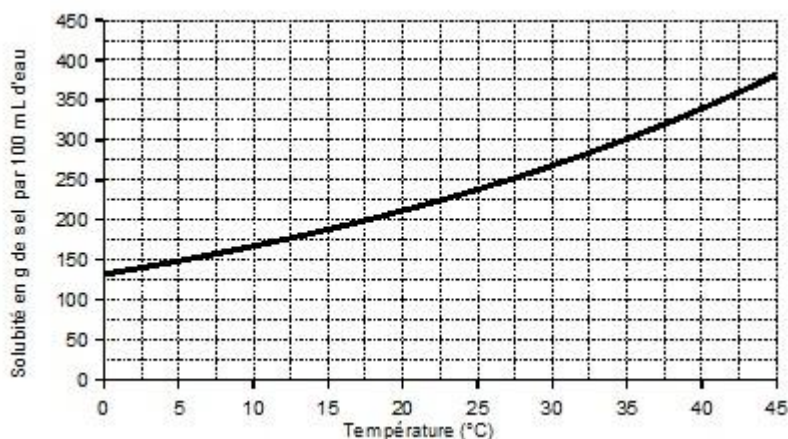
Associez les propositions suivantes avec les gaz correspondants (complétez le tableau).

- a) Il éteint la flamme d'une bougie.
- b) Il ravive la flamme d'une bougie.
- c) Il "aboie" lorsqu'on l'enflamme.
- d) Il sent l'œuf pourri.
- e) On l'appelle le tueur silencieux.

H_2S	H_2	CO	CO_2	O_2

QUESTION XVI (8 pts)

Le graphe ci-dessous représente la masse d'un sel que l'on peut dissoudre dans 100 mL d'eau en fonction de la température.



Dans 10,0 mL d'eau à 17,5°C, on introduit 30,0 g de sel et l'on agite.

- a) Quelle masse (en g) de sel restera sous forme solide ?

On chauffe ensuite la solution de manière à dissoudre tout le solide.

- b) Quelle température faut-il atteindre pour que l'ensemble du sel soit dissous ?

On ajoute alors un volume de 10,0 mL d'eau dans lequel on a préalablement dissous 10,0 g de sel, on homogénéise et on refroidit la solution obtenue jusqu'à 5,00°C.

On constate l'apparition de cristaux.

- c) A quelle température les premiers cristaux se forment-ils ?

Le mélange obtenu à 5,00°C est filtré, le solide est séché puis pesé.

- d) D'après le graphique, quelle masse de solide est attendue ?

QUESTION XVII (6 pts)

Le mode opératoire suivant décrit la synthèse de l'acide benzoïque (C_6H_5COOH) par oxydation du benzaldéhyde (C_6H_5CHO) à l'aide du permanganate de potassium ($KMnO_4$).

"Dans un ballon bicol de 250 mL, on introduit 20,0 mL de soude ($NaOH$) à 1,00 mol/L, puis un volume de 2,00 mL de benzaldéhyde (C_6H_5CHO) et enfin, quelques grains de pierre ponce. On adapte un réfrigérant à reflux et une ampoule d'addition, dans laquelle on introduit 60,0 mL de solution de permanganate de potassium ($KMnO_4$) de concentration égale à 0,250 mol/L.

A l'aide d'un chauffe-ballon placé sur un support élévateur, on porte le mélange réactionnel à ébullition douce, puis on ajoute goutte à goutte la solution oxydante.

Aux premières gouttes versées, la solution devient verte, puis un précipité marron de dioxyde de manganèse (MnO_2) se forme. En fin d'addition, on laisse bouillir pendant environ 5 minutes.

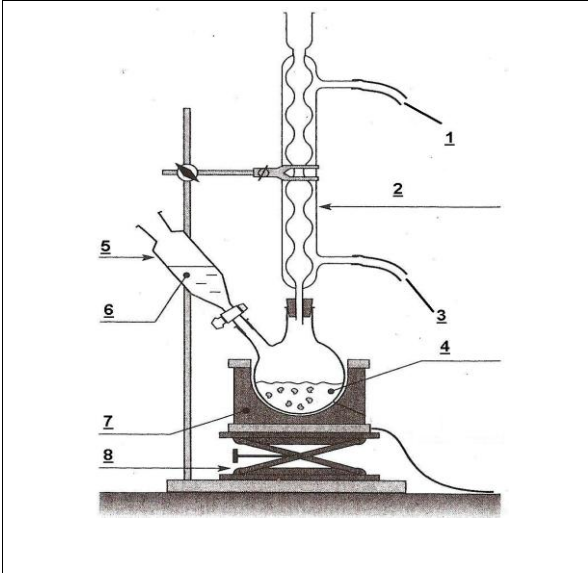
Après avoir éliminé le permanganate de potassium en excès, on laisse refroidir le milieu réactionnel.

On filtre alors le mélange et on obtient un filtrat limpide que l'on verse dans un erlenmeyer contenant 10,0 mL d'acide chlorhydrique (HCl) à 5,00 mol/L.

L'acide benzoïque (C_6H_5COOH) précipite.

Le contenu de l'erlenmeyer est ensuite filtré et le solide obtenu est rincé, puis séché à l'étuve."

- a) En vous référant à ce mode opératoire, complétez le tableau ci-dessous :

	<u>Légendes</u>	<u>Numéros</u>
	solution de $KMnO_4$	
	entrée eau réfrigérant	
	sortie eau réfrigérant	
	support élévateur	
	mélange soude + benzaldéhyde	
	réfrigérant	
	ampoule d'addition	
	chauffe - ballon	

- b) Proposez une équation-bilan non équilibrée (non pondérée) décrivant la réaction principale de cette expérience.

- c) Lors de la première filtration, quel composé recueille-t-on dans le filtre ?

QUESTION IX (6 pts)

- a) BECHER B : 1,50 L ; BECHER C : 0,666 L ; BECHER D : 0,500 L
 b) D ; C ; B ; A

QUESTION X (5 pts)

- b) 240 mL

QUESTION XI (10 pts)

- a) $\text{Cu}_2\text{S} + 2 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{CuO} + \text{SO}_2$
 b) $3 \text{Mg} + 2 \text{NH}_3 \rightarrow \text{Mg}_3\text{N}_2 + 3 \text{H}_2$
 c) $2 \text{Na} + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{NaOH} + \text{H}_2$
 d) $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + 3 \text{H}_2$
 e) $6 \text{CO}_2 + 6 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{O}_2$

QUESTION XII (5 pts)

- a)

QUESTION XIII (5 pts)

- c)

QUESTION XIV (6 pts)

- a) $\text{CaCO}_3 + 2 \text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$
 b) $2 \text{KNO}_3 + \text{S} + 3 \text{C} \rightarrow \text{K}_2\text{S} + 3 \text{CO}_2 + \text{N}_2$

QUESTION XV (5 pts)

d)	c)	e)	a)	b)
H ₂ S	H ₂	CO	CO ₂	O ₂

QUESTION XVI (8 pts)

- a) 10,0 g b) 35,0 °C c) 17,5 °C d) 10,0 g 4 x 2 points

QUESTION XVII (6 pts)

- a) 8 x 0,5 point

<u>Légendes</u>	<u>Numéros</u>
solution de KMnO ₄	6
entrée eau réfrigérant	3
sortie eau réfrigérant	1
support élévateur	8
mélange soude + benzaldéhyde	4
réfrigérant	2
ampoule d'addition	5
chauffe - ballon	7

- b) *accepter toute proposition renfermant les réactifs et produits suivants :*
 $\text{C}_6\text{H}_5\text{CHO} + \text{KMnO}_4 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{COOH} + \text{MnO}_2$ 1 point
- c) **MnO₂** *accepter* **MnO₂ + pierre ponce** 1 point