

OLYMPIADE FRANCOPHONE DE CHIMIE 2018

NIVEAU I

ÉLÈVES DE 5^{ème} ANNÉE

SECONDE ÉPREUVE*



Avec le soutien de :

La Communauté Française de Belgique
La Communauté Germanophone de Belgique
La Région de Bruxelles - Capitale
Fédération Wallonie-Bruxelles - Wallonie-Bruxelles international
ULg et Réjouissiences ; ULB
UNamur et Atout Sciences ; UCL et Scienceinfuse
UMons et Sciences et Techniques au carré
L'Association des Chimistes de l'UCL
L'Association des Chimistes de l'ULg
L'Association des Scientifiques de l'ULB

SOLVAY S.A.
FONDS ERNEST SOLVAY
PRAYON S.A.
DE BOECK
DUNOD
EURO SPACE CENTER
ESSENCIA WALLONIE
ESSENCIA BRUXELLES
CO-VALENT
GSK



Chères amies, Chers amis chimistes,

Nous vous félicitons pour votre participation à cette Olympiade.

Lors de cette deuxième épreuve, nous sélectionnerons un étudiant désireux de participer à l'EUSO (European Union Science Olympiad).

Cette Olympiade destinée aux élèves de 5^{ème} année proposera à notre lauréat un travail scientifique pluridisciplinaire en compagnie de jeunes biologistes et physiciens en herbe.

INSTRUCTIONS

INDIQUEZ VOTRE NUMÉRO SUR CHACUNE DES FEUILLES S.V.P.

Cette deuxième épreuve de l'Olympiade est notée sur **100 points** et comprend **4 problèmes principaux et 1 problème subsidiaire**.

La note du problème n°5 ne sera prise en compte que dans l'hypothèse où il faudrait départager les **ex-æquo** en vue de l'EUSO.

Vous avez **2 heures** pour réaliser votre travail ; vous pouvez utiliser une machine à calculer non programmable, mais aucun autre document personnel.

Répondez à chacun des problèmes **sur la feuille où figure l'énoncé** et indiquez vos réponses finales **dans les cadres prévus à cet effet**. Seules les réponses **accompagnées d'un raisonnement** seront prises en compte.

Indiquez votre raisonnement ainsi que vos calculs d'une manière **claire, dépouillée et schématique**. Indiquez clairement les **unités** utilisées. Vous pouvez présenter vos résultats intermédiaires sous forme arrondie mais veillez à conserver les **nombre intermédiaires dans la mémoire de la machine** et à les utiliser dans leur intégralité.

Utilisez le formalisme suivant pour désigner les grandeurs, variables et substances concernées ; par exemple : $m_{\text{NaOH}} = 10,1 \text{ g}$ ou bien, $m(\text{NaOH}) = 10,1 \text{ g}$

Détachez cette première feuille et conservez-la en vue de la diffusion des résultats. Bon travail !

* Par Gaëlle Dintilhac, Sandrine Lenoir, Véronique Lonny, Liliane Merciny, René Cahay, Jean-Claude Dupont, Jacques Furnémont et Damien Granatorowicz.

Problème 1**Stœchiométrie - Précipitation****25 points**

On a mis en présence dans un bécher, 50,0 mL d'une solution de chlorure de cuivre (II) (CuCl_2) de concentration 0,100 mol/L et 1,00 mL d'une solution d'hydroxyde de potassium (KOH) de concentration 2,00 mol/L.

a) Ecrivez la formule des ions présents dans chacune des solutions.

RÉPONSE (4 pts) :

b) Un précipité d'hydroxyde de cuivre (II) ($\text{Cu}(\text{OH})_2$) se forme.
Ecrivez l'équation pondérée (équilibrée) correspondante.

RÉPONSE (2 pts) :

c) L'un des deux réactifs est en défaut. Lequel ?

RÉPONSE (4 pts) :

d) Calculez la masse de précipité formé.

RÉPONSE (4 pts) : $m_1(\text{Cu}(\text{OH})_2) =$ g (3 chiffres significatifs)

e) Calculez le volume de la solution contenant le réactif en défaut qui devrait être ajouté afin de consommer l'ensemble du réactif en excès.

RÉPONSE (4 pts) : $V(\text{réactif en défaut}) =$ mL (3 chiffres significatifs)

f) Calculez la masse de précipité formé dans ces conditions.

RÉPONSE (4 pts) : $m_2(\text{Cu}(\text{OH})_2) =$ g (3 chiffres significatifs)

g) Une fois cette opération réalisée, on procède à un ajout de 10,0 mL supplémentaires de cette solution. Lequel des deux réactifs est désormais en défaut ?

RÉPONSE (1 pts) :

h) Calculez la masse de précipité, nouvellement formée, suite à cette dernière opération.

RÉPONSE (2 pts) : $m_3(\text{Cu}(\text{OH})_2) =$ g (3 chiffres significatifs)

Ar : H : 1,01 - O : 16,0 - Cl : 35,5 - C : 39,1 - Cu : 63,5

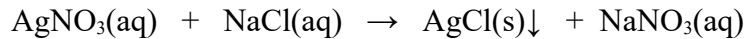
Problème 2

Analyse graphique

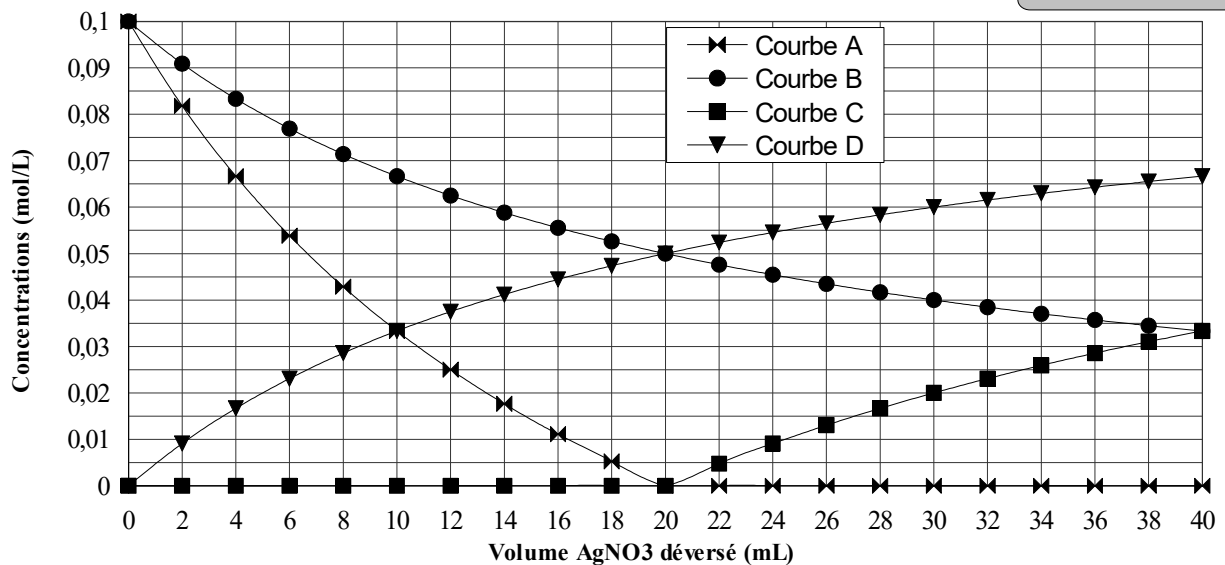
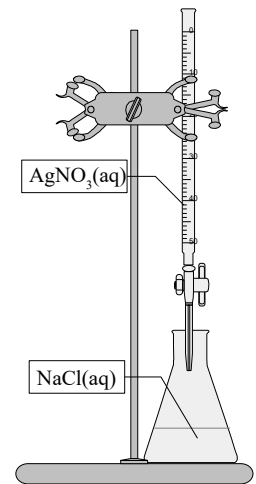
25 points

Un chimiste procède à l'expérience suivante. A l'aide d'une burette graduée, il déverse, par ajouts successifs de 2,00 mL, un volume de 40,0 mL d'une solution de AgNO_3 de concentration 0,100 mol/L. Dans l'erlenmeyer récepteur se trouve au départ un volume de 20,0 mL de solution de NaCl de concentration 0,100 mol/L.

Un précipité de AgCl se forme et on considère que la réaction est quantitative :



Le graphique ci-dessous décrit l'évolution des concentrations des ions au sein de l'erlenmeyer au cours de l'ajout de la solution de AgNO_3 .



a) Attribuez à chacun des ions la courbe qui lui correspond.

RÉPONSE (16 pts) : Courbe A : Courbe B : Courbe C : Courbe D :

Les courbes B et D ont été tracées à l'aide d'un tableur en utilisant une loi mathématique de type $y=f(x)$ ou encore, Concentration en ion = fct(volume de AgNO_3 ajouté).

b) Proposez pour ces deux courbes une fonction mathématique et exprimez la en utilisant comme variables, y : [ion] et x : V_{AgNO_3}

RÉPONSE (9 pts) :

Courbe B :

Courbe D :

Problème 3**Fluor et eau potable****25 points**

Pour prévenir la carie dentaire, on ajoute habituellement à l'eau potable, des ions fluorures sous forme de fluorure de sodium (NaF), de manière à obtenir une teneur égale à 1,00 ppm.

Une ppm désigne une teneur correspondant à une partie par million, dans ce cas, 1,00 mg d'ions F⁻ par kg d'eau.

- a) Quelle masse de NaF est nécessaire pour obtenir une teneur égale à 1,00 ppm en ions fluorure dans un réservoir cylindrique, rempli d'eau, d'un diamètre de 15,0 m et d'une hauteur de 12,0 m ?

<u>RÉPONSE</u> (15 pts) : $m_1(\text{NaF}) =$	kg	(3 chiffres significatifs)
---	----	----------------------------

Ce réservoir alimente une commune de 5000 habitants dont la consommation s'élève à 180 litres d'eau par jour et par habitant.

- b) Calculez la masse de NaF nécessaire pour répondre à la consommation annuelle de cette commune.

<u>RÉPONSE</u> (10 pts) : $m_2(\text{NaF}) =$	kg	(3 chiffres significatifs)
---	----	----------------------------

Ar : F : 19,0 - Na : 23,0 ; $\rho_{\text{eau}} = 1,00 \text{ g/cm}^3$

Problème 4**Dosage de l'aspirine****25 points**

Afin de déterminer la masse d'acide acétylsalicylique ($C_9H_8O_4$) contenue dans un comprimé d'aspirine, on procède à l'expérience suivante.

Après avoir écrasé soigneusement un comprimé d'aspirine "500" dans un mortier, on introduit la poudre obtenue dans un bécher contenant 250 mL d'eau déminéralisée. On prélève 20,0 mL de la solution S_A obtenue que l'on dose à l'aide d'une solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) de concentration 0,0100 mol/L en présence d'un indicateur coloré *ad hoc*. On détermine que le volume de solution d'hydroxyde de sodium nécessaire pour réagir entièrement avec l'acide acétylsalicylique est de 22,1 mL.

La réaction de dosage s'écrit : $C_9H_8O_4(aq) + NaOH(aq) \rightarrow C_9H_7O_4Na(aq) + H_2O(l)$

- a) La solubilité de l'acide acétylsalicylique est de 3,30 g/L.
Montrez par calcul que ce comprimé, annoncé comme étant dosé à 500 mg d'acide acétylsalicylique, est complètement dissous ?

RÉPONSE (5 pts) :

- b) Calculez la concentration en acide acétylsalicylique de la solution S_A .

RÉPONSE (10 pts) : $c(C_9H_8O_4) =$ _____ mol/L (3 chiffres significatifs)

- c) Déterminer la masse d'acide acétylsalicylique contenue dans le comprimé de 500 mg.

RÉPONSE (10 pts) : $m(C_9H_8O_4) =$ _____ g (3 chiffres significatifs)

Ar : H : 1,01 - C : 12,0 - O : 16,0 - Na : 23,0

PROBLÈME "BONUS" DESTINÉ À DÉPARTAGER LES EX-AEQUO

On désire préparer un volume de 500 mL d'une solution de nitrate de sodium (NaNO_3) de pourcentage massique égal à 3,00 %.

Le pourcentage massique d'un soluté est égal à la masse de ce soluté, en g, par 100 g de solution.

On admettra que la dissolution du nitrate de sodium dans l'eau déminéralisée ne modifie pas le volume total de la solution.

a) Proposez un mode opératoire pour réaliser cette opération.

RÉPONSE (6 pts) :

b) Calculez la concentration massique de la solution obtenue.

RÉPONSE (2 pts) : $\gamma(\text{NaNO}_3) =$ _____ g/L (3 chiffres significatifs)

c) Calculez la concentration molaire de la solution obtenue.

RÉPONSE (2 pts) : $c(\text{NaNO}_3) =$ _____ mol/L (3 chiffres significatifs)

Ar : N : 14,0 - O : 16,0 - Na : 23,0 ; ρ eau = 1,00 g/cm³

BROUILLON

OLYMPIADE FRANCOPHONE DE CHIMIE 2018

NIVEAU I

ÉLÈVES DE 5^{ème} ANNÉE

SECONDE ÉPREUVE

REPONSES AUX PROBLÈMES

Problème 1	Stœchiométrie - Précipitation	25 points
a)	Cu²⁺ ; Cl⁻ ; K⁺ ; OH⁻	4 points
b)	CuCl₂ + 2 KOH → Cu(OH)₂ + 2 KCl	2 points
c)	$n(\text{CuCl}_2) = 0,100 \times 0,050 = 0,00500 \text{ mol}$	1 point
	$n(\text{KOH}) = 2,00 \times 0,001 = 0,00200 \text{ mol}$	1 point
	KOH en défaut	2 points
d)	$M(\text{Cu}(\text{OH})_2) = 97,52 \text{ g/mol}$	1 point
	$n(\text{Cu}(\text{OH})_2)_{\text{formé}} = 0,00100 \text{ mol}$	2 points
	$m_1(\text{Cu}(\text{OH})_2)_{\text{formé}} = 0,00100 \times 97,52 = 0,09752 \text{ g} = \mathbf{0,0975 \text{ g}}$	1 point
e)	$n(\text{KOH})_{\text{stœchiométrique}} = 0,00500 \times 2 = 0,0100 \text{ mol}$	2 points
	$V(\text{KOH})_{\text{stœchiométrique}} = 0,0100 / 2,00 = 0,00500 \text{ L}$	1 point
	$V(\text{KOH})_{\text{à ajouter}} = 0,00500 - 0,00100 = 0,00400 \text{ L} = \mathbf{4,00 \text{ mL}}$	1 point
f)	$n(\text{Cu}(\text{OH})_2)_{\text{formé}} = 0,00500 \text{ mol}$	2 points
	$m_2(\text{Cu}(\text{OH})_2)_{\text{formé}} = 0,00500 \times 97,52 = 0,4876 \text{ g} = \mathbf{0,488 \text{ g}}$	2 points
g)	CuCl₂	1 point
h)	$m_3(\text{Cu}(\text{OH})_2) = \mathbf{0,000 \text{ g}}$	2 points

Problème 2	Analyse graphique	25 points
a)	Courbe A : Cl ⁻ Courbe B : Na ⁺ Courbe C : Ag ⁺ Courbe D : NO ₃ ⁻	16 points
b)	Courbe B : $[\text{Na}^+] = (0,100 \times 0,0200) / (0,0200 + V_{\text{AgNO}_3})$	4 points
	Courbe D : $[\text{NO}_3^-] = (0,100 \times V_{\text{AgNO}_3}) / (0,0200 + V_{\text{AgNO}_3})$	5 points

Problème 3**Fluor et eau potable****25 points**

- a) $V_{\text{réservoir}} = \Pi \times 7,5 \times 7,5 \times 12,0 = 2120.575 \text{ m}^3 = 2.120.575 \text{ L}$ 2 points
 $m(\text{H}_2\text{O}) = 2.120.575 \text{ kg}$ 2 points
 $m(\text{F}^-) = 2.120.575 \text{ mg} = 2.120,575 \text{ g}$ 2 points
 $n(\text{F}^-) = 2.120,575 / 19 = 111,609 \text{ mol}$ 2 points
 $n(\text{NaF}) = 111,609 \text{ mol}$ 3 points
 $M(\text{NaF}) = 42 \text{ g/mol}$ 2 points
 $m(\text{NaF}) = 111,609 \times 42 = 4687,59 \text{ g} = \mathbf{4,69 \text{ kg}}$ 2 points
- b) $V(\text{H}_2\text{O}) = 180 \times 5000 \times 365 = 328.500.000 \text{ L}$ 2 points
 $m(\text{H}_2\text{O}) = 328.500.000 \text{ kg}$ 2 points
 $m(\text{F}^-) = 328.500.000 \text{ mg} = 328.500 \text{ g}$ 2 points
 $n(\text{F}^-) = 328.500 / 19 = 17.289,5 \text{ mol}$ 1 point
 $n(\text{NaF}) = 17.289,5 \text{ mol}$ 2 points
 $m(\text{NaF}) = 17.289,5 \times 42 = 726.158 \text{ g} = \mathbf{726 \text{ kg}}$ 1 point
- ou $V(\text{H}_2\text{O}) = 180 \text{ L} \times 5000 \times 365 = 180 \text{ m}^3 \times 5 \times 365 = 328.500 \text{ m}^3$ 5 points
 $m(\text{NaF}) = 397,895 \text{ g} \times 5 \times 365 = 726.158 \text{ g} = \mathbf{726 \text{ kg}}$ 5 points

Problème 4**Dosage de l'aspirine****25 points**

- a) $s(\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4) = 3,30 \text{ g/L}$
 $V_{\text{solution}} = 0,250 \text{ L}$
 $m(\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4)_{\text{maximale dissoute dans } 0,250 \text{ L}} = 3,30 \text{ g} \times 0,250 = 0,825 \text{ g}$ 3 points
 $m_{\text{comprimé}} = 0,500 \text{ g} < 0,825 \text{ g}$ 2 points
Le comprimé est entièrement dissous.
- b) $n(\text{NaOH}) = 0,0221 \times 0,0100 = 0,000221 \text{ mol}$ 3 points
 $n(\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4)_{\text{dans } 20 \text{ mL de solution}} = 0,000221 \text{ mol}$ 3 points
 $n(\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4)_{\text{dans la solution } S_A} = 0,000221 \times 250/20 = 0,0027625 \text{ mol}$ 2 points
 $c(\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4) = 0,0027625 / 0,250 = 0,01105 \text{ mol/L} = \mathbf{0,0111 \text{ mol/L}}$ 2 points
- c) $n(\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4)_{\text{total}} = 0,0027625 \text{ mol}$ 4 points
 $M(\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4) = 180,08 \text{ g/mol}$ 2 points
 $m(\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4)_{\text{dans le comprimé}} = 0,0027625 \times 180,08 = 0,497471 \text{ g} = \mathbf{0,497 \text{ g}}$ 4 points

PROBLÈME "BONUS" DESTINÉ À DÉPARTAGER LES EX-AEQUO

a) $V(\text{H}_2\text{O}) = 500 \text{ mL}$ donc $m(\text{H}_2\text{O}) = 500 \text{ g}$ 6 points

$$m(\text{NaNO}_3) = x \quad 100 (x / (500 + x)) = 3 \Leftrightarrow 100 x = 1500 + 3 x$$
$$\Leftrightarrow x = 1500 / 97 \Leftrightarrow x = 15,4639$$

$m(\text{NaNO}_3)$ à dissoudre = 15,4639 = 15,5 g dans 500 mL de H_2O

ou, par exemple :

Dissoudre 18,0 g de NaNO_3 dans 582 g de H_2O et prélever 500 mL de la solution obtenue.

b) $\gamma(\text{NaNO}_3) = 15,4639 / 0,500 = 30,9278 \text{ g/L} = \mathbf{30,9 \text{ g/L}}$ 2 points

c) $M(\text{NaNO}_3) = 85 \text{ g/mol}$

$c(\text{NaNO}_3) = 30,9278 / 85 = 0,363857 \text{ mol/L} = \mathbf{0,364 \text{ mol/L}}$ 2 points