



ACLg

OLYMPIADE FRANCOPHONE DE CHIMIE 2019¹
2^{ème} épreuve - NIVEAU 1 (élèves de cinquième année)

G. DINTILHAC, D. GRANATOROWICZ, S. LENOIR, V. LONNAY, L. MERCINY,
S. MOTHY, R. CAHAY, J. FURNEMONT

Cette deuxième épreuve de l'Olympiade notée sur **100 points** comprenait **4 problèmes principaux** et **un problème subsidiaire (Bonus)** sur la détermination de la formule moléculaire de l'acide salicylique. La note du problème supplémentaire a été prise en compte pour départager les ex-aequo en vue de l'EUSO (European Union Science Olympiad). Sur les 119 élèves invités à la deuxième épreuve, 110 y ont pris part. 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.

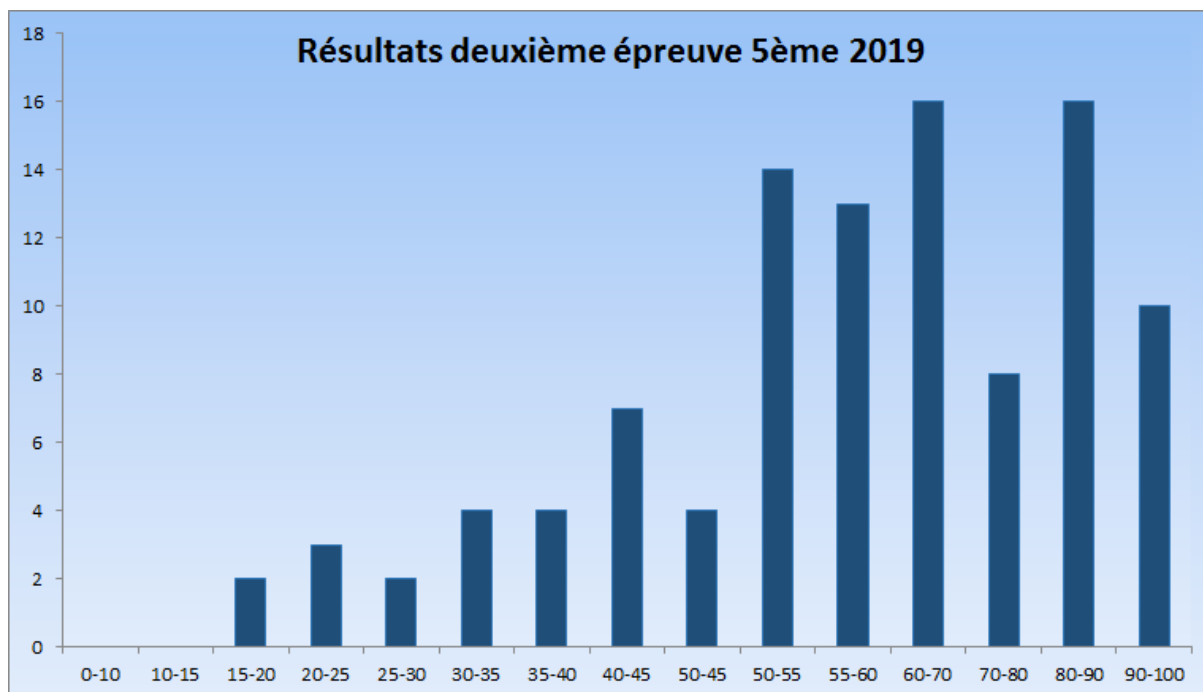
Les moyennes obtenues aux différents problèmes ont été les suivantes :

N° problème	1	2	3	4	Bonus	TOTAL sur 100	TOTAL sur 110
Matière.	Préparation d'une solution.	Stœchiométrie.	Emissions de CO₂	Stœchiométrie.	L'acide salicylique		
Maximum	25	25	25	25	10	100	110
Moyenne	21,5	11,9	8,2	17,0	3,1	58,6	61,7
%	86,0	47,6	32,8	65,6	2,7	58,6	56,1

La moyenne générale obtenue par les élèves ayant participé à l'épreuve est nettement supérieure à celle obtenue en 2018 (49,5 %), comparable à celle obtenue en 2017 (57,0 %).

L'histogramme des résultats ci-après montre des pics situés au-delà des 50 % des points. Sur les 110 élèves qui ont participé à l'épreuve, 77, soit 70 % ont obtenu un score plus que satisfaisant.

¹Organisée par l'Association des Chimistes de l'Uliège (ACLg), avec le soutien de : La Wallonie, Wallonie-Bruxelles International, La Communauté Germanophone de Belgique Fonds Ernest Solvay, La Région de Bruxelles - Capitale CO-VALENT, Fédération Wallonie-Bruxelles, DE BOECK UNIVERSITE, ULiège et Réjouissances GSK, ULB et Inforsciences, DUNOD, UNamur et Atout Sciences, EURO SPACE CENTER, UCLouvain et Sciencesinfuse, Solvay S.A., UMons et Sciences et Techniques au Carré, Essenscia Bruxelles, ACL, l'Association des Chimistes de l'UCL, Essenscia Wallonie, A.Sc.Br., l'Association des scientifiques de l'ULB.



Le problème **1 (Préparation d'une solution : 86,0 %)** a été le mieux réussi. Il s'agissait du mélange de deux solutions d'hydroxyde de potassium de concentrations différentes.

La problème **4 (Stœchiométrie : 65,6 %)** a été mieux réussi que le problème **2 (Stœchiométrie : 47,6 %)**.

Le problème **4** faisait appel à une réaction chimique relativement simple : $2 \text{Ag}(s) + \text{S}(s) \rightarrow \text{Ag}_2\text{S}(s)$ mais demandait une réflexion plus « mathématique ».

Le problème **2** faisait intervenir la réaction entre du fer métallique et du dichlore gazeux avec des calculs de pressions notamment, ce qui a pu dérouter certains élèves moins à l'aise avec la loi des gaz parfaits.

Le problème **3** sur les émissions de CO_2 a été le moins bien réussi. Est-ce parce qu'il fallait utiliser la masse volumique de l'essence ? On peut l'imaginer, mais c'est surtout l'absence d'équation chimique explicite qui a perturbé les élèves. A noter également que certains ignoraient la signification du terme « cylindrée » (qui n'était pas utile à la résolution), ce qui a pu influencer le résultat de ce problème.

Lauréats de l'Olympiade Nationale de Chimie 2019

Les 10 lauréats de 5^e sont ceux qui ont obtenu une note égale ou supérieure à 83/100 ; c'était 71/100 en 2018 !

Ces 10 lauréats seront admis directement à la 2^{ème} épreuve s'ils s'inscrivent à l'Olympiade de Chimie 2020. Ils pourront aussi s'inscrire aux activités de travaux pratiques "Chimiste en herbe" organisées par le Département de chimie de l'ULiège.

EPREUVE DE 5 ^e ANNEE		
Etudiant	Ecole	Enseignant
1 Sophie Lequeu <i>Lauréate EUSO</i>	<i>Collège Saint-Julien</i> <i>Ath</i>	Mr Antoine Vroman
2 Jérôme Mayolet	<i>Athénée Royal de Jodoigne</i> <i>Jodoigne</i>	Mme M. Bodart
3 Adrien de Thibault	<i>Collège Épiscopal du Sartay</i> <i>Embourg</i>	Mme S. Jacquemin
4 Emile Jhaes	<i>Collège St-Michel</i> <i>Gosselies</i>	Mme N. Evrard
5 Adrien Lepot	<i>Athénée Royal d'Arlon</i> <i>Arlon</i>	Mme H. Vandermaelen
5 Zipora Stober	<i>Athénée Royal d'Arlon</i> <i>Arlon</i>	Mme H. Vandermaelen
7 Iris Hanoune	<i>École uropéenne de Bruxelles III</i> <i>Ixelles</i>	Mme G. De Becker
7 Amandine Delo	<i>Athénée Communal Robert Catteau</i> <i>Bruxelles 1</i>	Mme I. Vanhaelen
7 Pauline Hanssens	<i>Centre Scolaire du Sacré-Cœur</i> <i>Jette</i>	Mr X. Dechamps
7 Anton Romanova	<i>Collège Saint-Augustin</i> <i>Gerpennes</i>	Mme N. Allard

EUSO 2018

Cette deuxième épreuve a permis de sélectionner une étudiante, **Sophie Lequeu** pour participer à l'EUSO (European Union Science Olympiad) qui a eu lieu cette année à Lisbonne au Portugal, du 4 au 11 mai 2019.

L'équipe francophone est repartie de l'EUSO avec une médaille de bronze ; leurs collègues néerlandophones ont remporté une médaille d'argent. Sincères félicitations à nos étudiantes et étudiants.

Avec le soutien de :



La Wallonie
La Communauté Germanophone de Belgique
La Région de Bruxelles - Capitale
Fédération Wallonie-Bruxelles
ULiège et Réjouissances
ULB et Inforsciences
UNamur et Atout Sciences
UCLouvain et Sciencesinfuse
UMons et Sciences et Techniques au Carré
ACL, l'Association des Chimistes de l'UCL
A.Sc.Br., l'Association des scientifiques de l'ULB

WALLONIE-BRUXELLES INTERNATIONAL
FONDS ERNEST SOLVAY
CO-VALENT
DE BOECK UNIVERSITE
GSK
DUNOD
EURO SPACE CENTER
SOLVAY S.A.
ESSENSCIA BRUXELLES
ESSENSCIA WALLONIE
ACLg, l'Association des Chimistes de l'ULiège



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) qui se déroulera à

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 !

Votre
numéro

Problème 1

Préparation d'une solution

25 points

Au laboratoire, un chimiste a mélangé un volume de 50,0 mL d'une solution A, d'hydroxyde de potassium (KOH) de concentration égale à $1,00 \cdot 10^{-3}$ mol/L à un volume de 150 mL d'une solution B, d'hydroxyde de potassium de concentration égale à 0,561 g/L.

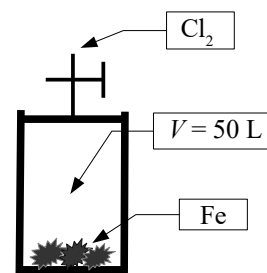
Quelle est la concentration molaire en hydroxyde de potassium de la solution finale ?

RÉPONSE (25 pts) : $c(\text{KOH}) = \dots\dots\dots$ mol/L

(3 chiffres significatifs)

Ar : H : 1,01 - O : 16,0 - K : 39,1

Dans une enceinte d'un volume de 50,0 L, on introduit une masse de 20,0 g de fer métallique finement divisé. On fait ensuite le vide dans l'enceinte et puis on y introduit 100 g de dichlore gazeux (Cl₂) à la température de 25 °C (298 K). On ne tiendra pas compte dans les calculs du volume occupé par le fer.



a) Quel volume le dichlore va-t-il occuper dans l'enceinte ?

RÉPONSE (3 pts) : $V(\text{Cl}_2) = \dots\dots\dots \text{L} / \text{m}^3$ (3 chiffres significatifs)
(Vous pouvez choisir l'unité ; entourez l'unité choisie)

b) Quelle sera la pression totale régnant à ce moment au sein de l'enceinte ?

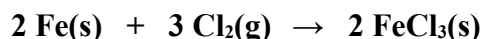
RÉPONSE (6 pts) : $p \text{ totale} = \dots\dots\dots \text{atm} / \text{Pa}$ (3 chiffres significatifs)
(Vous pouvez choisir l'unité ; entourez l'unité choisie)

On augmente ensuite la température jusqu'à 300°C.

c) Quelle sera la pression totale régnant au sein de l'enceinte à 300 °C ?

RÉPONSE (3 pts) : $p \text{ totale} = \dots\dots\dots \text{atm} / \text{Pa}$ (3 chiffres significatifs)
(Vous pouvez choisir l'unité ; entourez l'unité choisie)

La réaction entre le fer et le dichlore démarre alors et se poursuit jusqu'à épuisement du réactif limitant.



d) Quelle sera la pression totale régnant au sein de l'enceinte, à 300 °C, à la fin de la réaction ?

RÉPONSE (7 pts) : $p \text{ totale} = \dots\dots\dots \text{atm} / \text{Pa}$ (3 chiffres significatifs)
(Vous pouvez choisir l'unité ; entourez l'unité choisie)

e) Quelle sera la masse de FeCl₃(s) produite à la fin de la réaction ?

RÉPONSE (6 pts) : $m(\text{FeCl}_3) \dots\dots\dots \text{g}$ (3 chiffres significatifs)

Ar : Cl : 35,5 - Fe : 55,8

$R = 8,314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} = 0,08206 \text{ L} \cdot \text{atm} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

$V_m = 24,5 \text{ L/mol}$ (CSTP)

Votre
numéro

Problème 2

Stoichiométrie

25 points

Un constructeur automobile annonce une consommation moyenne de 5,30 L aux 100 km pour une voiture essence de cylindrée égale à 1199 cm³.

Considérons que l'essence est un mélange d'hydrocarbures dont les caractéristiques sont les suivantes : Composition massique : 87,0 % de carbone et 13,0 % d'hydrogène.

Masse volumique : 0,750 g/cm³

Sur base de ces indications, calculez les émissions de CO₂, en g/km, de cette voiture.

RÉPONSE (25 pts) : Emissions (CO₂) = g/km (3 chiffres significatifs)

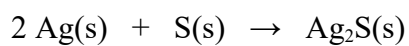
Ar : H : 1,01 - C : 12,0 - O : 16,0

Votre
numéro

Problème 4

Stoichiométrie

On fait réagir des masses égales d'argent (Ag) et de soufre (S) élémentaires.



L'argent est totalement consommé au cours de la réaction.

Calculez le pourcentage de la masse de soufre qui n'aura pas réagi.

RÉPONSE (25 pts) : % (S) = % (3 chiffres significatifs)

Ar : S : 32,1 - Ag : 107,9

PROBLÈME "BONUS" DESTINÉ À DÉPARTAGER LES EX-AEQUO

L'acide salicylique est un solide cristallin incolore présent naturellement dans certains végétaux, comme la reine des prés ou le saule (*salix*) d'où il tire son nom. Longtemps utilisé en médecine pour lutter contre la fièvre, il est le précurseur de l'acide acétylsalicylique plus connu sous le nom d'aspirine. L'analyse élémentaire de l'acide salicylique a donné la composition suivante :

60,8 % de carbone, 4,40 % d'hydrogène et 34,8 % d'oxygène.

D'autre part, pour déterminer sa masse molaire, on a procédé aux opérations suivantes :

On a pesé exactement 0,100 g d'acide salicylique que l'on a dissous dans 50,0 mL d'eau distillée.

On a ensuite prélevé 10,0 mL de cette solution et on a dosé la quantité d'acide salicylique présente dans cette prise d'essai à l'aide d'une solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) de concentration égale à 0,0100 mol/L. Le dosage a nécessité 14,5 mL de cette solution d'hydroxyde de sodium.

La réaction du dosage peut être décrite comme suit :



a) Déterminez la masse molaire de l'acide salicylique.

RÉPONSE (15 pts) : $M(\text{acide salicylique}) = \dots\dots\dots \text{ g/mol}$ (3 chiffres significatifs)

b) Déterminez la formule moléculaire de l'acide salicylique.

RÉPONSE (10 pts) :

BROUILLON



REPONSES AUX PROBLÈMES

Problème 1 **Préparation d'une solution** **25 points**

$n(\text{KOH sol A}) = 0,0500 \times 1.10^{-3} = 0,00005 \text{ mol}$	5 points
$m(\text{KOH sol B}) = 0,150 \times 0,561 = 0,08415 \text{ g}$	5 points
$M(\text{KOH}) = 56,11 \text{ g/mol}$	3 points
$n(\text{KOH sol B}) = 0,08415 / 56,11 = 0,00150 \text{ mol}$	3 points
$n(\text{KOH total}) = 0,00005 + 0,00150 = 0,00155 \text{ mol}$	3 points
$V(\text{KOH total}) = 0,0500 + 0,150 = 0,200 \text{ L}$	3 points
$c(\text{KOH total}) = 0,0015497 / 0,200 = \mathbf{0,00775 \text{ mol/L}}$	3 points

Problème 2 **Stoichiométrie** **25 points**

a) $V(\text{Cl}_2) = \mathbf{50,0 \text{ L}}$	3 points
b) $M(\text{Cl}_2) = 71 \text{ g/mol}$	1 point
$n(\text{Cl}_2) = 100 / 71 = 1,4085 \text{ mol}$	2 points
$p \text{ totale} = 1,4085 \times (24,5 / 50,0) = 0,69014 \text{ atm} = \mathbf{0,690 \text{ atm}}$	3 points
ou $p \text{ totale} = 1,4085 / 50,0 \times 0,08206 \times 298 = 0,68884 \text{ atm} = \mathbf{0,689 \text{ atm}}$	
ou $p \text{ totale} = 1,4085 / 0,050 \times 8,314 \times 298 = 69.791 \text{ Pa} = \mathbf{698.10^2 \text{ Pa}}$	
c) $p \text{ totale} = 1,4085 / 50,0 \times 0,08206 \times 573 = 1,3245 \text{ atm} = \mathbf{1,32 \text{ atm}}$	3 points
ou $p \text{ totale} = 1,4085 / 0,050 \times 8,314 \times 573 = 134.194 \text{ Pa} = \mathbf{134.10^3 \text{ Pa}}$	
d) $n(\text{Fe}) = 20,0 / 55,8 = 0,35842 \text{ mol}$	2 points
$n(\text{Cl}_2 \text{ en excès}) = 1,4085 - ((3/2) \times 0,35842) = 0,87082 \text{ mol}$	2 points
$p \text{ totale} = 0,87082 / 50,0 \times 0,08206 \times 573 = 0,81892 \text{ atm} = \mathbf{0,819 \text{ atm}}$	3 points
ou $p \text{ totale} = 0,87082 / 0,050 \times 8,314 \times 573 = 82.970 \text{ Pa} = \mathbf{830.10^2 \text{ Pa}}$	
e) $n(\text{FeCl}_3) = 0,35842 \text{ mol}$	3 points
$M(\text{FeCl}_3) = 162,3 \text{ g/mol}$	1 point
$m(\text{FeCl}_3) = 0,35842 \times 162,3 = 58,172 \text{ g} = \mathbf{58,2 \text{ g}}$	2 points

**Problème 3****Emissions de CO₂****25 points**

- a) $m(\text{essence} / 100 \text{ km}) = 5,3 \times 750 = 3.975 \text{ g}$ 5 points
 $m(\text{C} / 100 \text{ km}) = 3.975 \times 0,87 = 3.458,25 \text{ g}$ 5 points
 $m(\text{CO}_2) = 3.458,25 \times (44 / 12) = 12.680,25 \text{ g}$ 10 points
Emissions de CO₂ = 12.680,25 / 100 = 126,80 g/100 km = **127 g/100 km** 5 points

Problème 4**Stoechiométrie****25 points**

$$\%(\text{S}) \text{ en excès} = \left\{ \left(\frac{m}{32,1} \right) - \frac{1}{2} \times \left(\frac{m}{107,9} \right) \right\} / \left(\frac{m}{32,1} \right) \times 100 = 85,086 \%$$

$$\%(\text{S}) \text{ en excès} = \mathbf{85,1 \%}$$
 25 points

ou, par exemple :

Soit deux masses de 100 g d'argent et de soufre, on a :

$$n(\text{Ag}) = 100 / 107,9 = 0,92678 \text{ mol}$$
 6 points

$$n(\text{S}) = 100 / 32,1 = 3,115 \text{ mol}$$
 6 points

$$n(\text{S}) \text{ en excès} = 3,115 - \frac{1}{2} \times 0,92678 = 2,6519 \text{ mol}$$
 6 points

$$\%(\text{S}) \text{ en excès} = (2,6519 / 3,115) \times 100 = 85,125 \% = \mathbf{85,1 \%}$$
 7 points

Problème 5 "Bonus"**L'acide salicylique****10 points**

- a) $n(\text{NaOH}) = 0,0100 \times 0,0145 = 0,000145 \text{ mol}$ 1 point
 $n(\text{ac. sal.}) \text{ dans } 10 \text{ mL de solution} = 0,000145 \text{ mol}$ 1 point
 $n(\text{ac. sal.}) \text{ dans } 50 \text{ mL de solution} = 0,000725 \text{ mol}$ 2 points
 $M(\text{ac. sal.}) = 0,100 / 0,000725 = 137,93 \text{ g/mol} = \mathbf{138 \text{ g/mol}}$ 2 points
- b) $n(\text{C}) = (60,8 / 12,0) \times (138 / 100) = 6,9920 = 7$ 1 point
 $n(\text{H}) = (4,40 / 1,01) \times (138 / 100) = 6,0119 = 6$ 1 point
 $n(\text{O}) = (34,8 / 16,0) \times (138 / 100) = 3,0015 = 3$ 1 point
Formule moléculaire : **C₇H₆O₃** 1 point