



OLYMPIADE FRANCOPHONE DE CHIMIE 2016

1^{ère} épreuve -NIVEAU 2 (élèves de sixième année)

R. CAHAY, R. FRANCOIS, J. FURNEMONT, C. HOUSSIER
M. HUSQUINET-PETIT, G. KAISIN, C. MALHERBE

Chères (chers) élèves,

Nous vous félicitons pour votre participation à l'Olympiade de chimie et nous vous souhaitons plein succès dans cette épreuve ainsi que dans vos études et dans toutes vos entreprises futures. Avant d'entamer cette épreuve, lisez attentivement ce qui suit.

Vous devez répondre à 14 questions pour un total de 100 points.

REMARQUES IMPORTANTES

- Respectez scrupuleusement les consignes pour libeller vos réponses.
- Vous disposez, au début du questionnaire, d'une page comportant une table des masses atomiques relatives des éléments, la valeur de quelques constantes, ainsi que les électronégativités des éléments des trois premières périodes. À la fin du questionnaire, vous avez une feuille de brouillon pour préparer vos réponses.
- La durée de l'épreuve est fixée à 2 heures.
- L'utilisation d'une machine à calculer non programmable est autorisée.
- Pour faciliter le travail des élèves, l'indication des états d'agrégation n'est pas exigée.

Dans plusieurs questions, vous aurez à faire un choix entre deux ou plusieurs réponses. Dans ce cas, entourez simplement de manière très visible, sans rature, le(s) chiffre(s), la(les) lettre(s) ou cochez la(les) case(s) correspondant à la (aux) bonne(s) réponse(s).

Les candidats sélectionnés au terme de cette première épreuve seront convoqués à la **deuxième épreuve (problèmes) de l'Olympiade nationale** qui aura lieu le **mercredi 2 mars 2016** à 14h30 précises dans un des 5 centres régionaux : Arlon, Bruxelles, Liège, Mons ou Namur. A l'issue de cette 2^{ème} épreuve, une dizaine de lauréats de 5^{ème} et de 6^{ème} à l'échelle nationale seront choisis. Le lauréat de 5^{ème} classé 1^{er} participera à l'EUSO du 7 au 14 mai 2016, à Tartu, Estonie.

Pour des raisons indépendantes de notre volonté, nous ne pourrons pas participer à l'ICHO 2016 à Karachi (Pakistan). L'ACLg étudie la possibilité, pour les lauréats de 6^{ème} sélectionnés à la suite de la 2^{ème} épreuve, d'organiser une autre activité. De plus amples informations seront transmises à ces lauréats après la 2^{ème} épreuve.

En vous souhaitant bon travail, nous vous prions de croire en nos meilleurs sentiments.

Les organisateurs de l'Olympiade francophone de Chimie

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.

Détachez cette feuille et conservez-la pour info



TABLEAU PÉRIODIQUE DES ÉLÉMENTS

1 I a		masse atomique relative A_r															18 VIII a
2 II a		nombre atomique Z										13 III a	14 IV a	15 V a	16 VI a	17 VII a	18 VIII a
1 H	2 He											13 B	14 C	15 N	16 O	17 F	18 Ne
3 Li	4 Be											5 Al	6 Si	7 P	8 S	9 Cl	10 Ar
11 Na	12 Mg	3 III b	4 IV b	5 V b	6 VI b	7 VII b	8 VIII b			11 I b	12 II b	13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
55 Cs	56 Ba	(1) 57-70 Lu	71 Hf	72 Ta	73 W	74 Re	75 Os	76 Ir	77 Pt	78 Au	79 Hg	80 Tl	81 Pb	82 Bi	83 Po	84 At	85 Rn
* 87 Fr	* 88 Ra	(2) 89- 102	* 103 Lr	* 104 Rf	* 105 Db	* 106 Sg	* 107 Bh	* 108 Hs	* 109 Mt	* 110 Uun	* 111 Uuu	* 112 Uub					
1,01	4,00											10,81	12,01	14,01	16,00	19,00	20,18
6,94	9,01											26,98	28,09	30,97	32,07	35,45	39,95
39,10	40,08	44,96	47,88	50,94	52,00	54,94	55,85	58,93	58,69	63,55	65,39	69,72	72,61	74,92	78,96	79,90	83,80
85,47	87,62	88,91	91,22	92,91	95,94	*	101,07	102,91	106,42	107,87	112,41	114,82	118,71	121,75	127,60	126,90	131,29
132,91	137,33	174,97	178,49	180,95	183,9	186,21	190,21	192,22	195,08	196,97	200,59	204,38	207,21	208,98	*	*	*
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

* Eléments n'ayant pas de nucléide (isotope) de durée suffisamment longue et n'ayant donc pas une composition terrestre caractéristique.

(1) éléments de la famille des lanthanides

(2) éléments de la famille des actinides

Constantes

$$R = 8,31 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$R = 8,21 \times 10^{-2} \text{ L atm mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$\text{Volume d'une mole d'un gaz idéal à 273 K et 101 325 Pa : } 22,4 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ (L mol}^{-1}\text{)}$$

$$1 F = 9,65 \times 10^4 \text{ C mol}^{-1}$$

$$N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

Électronégativités des éléments des trois premières périodes : H : 2,1 ; Li : 1,0 ; Be : 1,5 ; B : 1,9 ; C : 2,5 ; N : 3,0 ; O : 3,5 ; F : 4,0 ; Na : 0,9 ; Mg : 1,2 ; Al : 1,5 ; Si : 1,8 ; P : 2,1 ; S : 2,5 ; Cl : 3,0.

NOM :

Prénom :

OLYMPIADE FRANCOPHONE DE CHIMIE 2016
NIVEAU 2 (élèves de sixième année) - PREMIÈRE ÉPREUVE : QUESTIONS

6 pts	QUESTION I Vie courante – Au laboratoire		
4x1,5pt	Parmi les gaz suivants, quel est (ou quels sont) le(s) gaz que l'on peut recueillir quantitativement au-dessus d'une colonne d'eau au moyen du dispositif suivant :		
	<i>(Entourer la bonne réponse et indiquer la formule moléculaire du gaz)</i>		
	Recueilli au-dessus de l'eau	Nom	Formule
	oui non	chlorure d'hydrogène	
oui non	dihydrogène		
oui non	ammoniac		
oui non	monoxyde de carbone		

6 pts	QUESTION II Composition ionique de l'eau de mer					
6 x 1pt	La composition ionique approximative (en mol/L) d'une eau de mer est la suivante : $[Cl^-] = 5,99 \times 10^{-1}$; $[Na^+] = 5,0 \times 10^{-1}$; $[SO_4^{2-}] = 2,5 \times 10^{-2}$; $[Mg^{2+}] = 5,0 \times 10^{-2}$; $[Ca^{2+}] = 2,0 \times 10^{-2}$; $[K^+] = 9,7 \times 10^{-3}$; $[Br^-] = 7,0 \times 10^{-4}$					
	Indiquer les concentrations (en mol/L, avec deux chiffres significatifs) des sels suivants qu'il faudrait utiliser pour préparer une solution de composition proche de celle de l'eau de mer.					
	[KBr]	[KCl]	[MgSO ₄]	[NaCl]	[MgCl ₂]	[CaCl ₂]

8 pts		QUESTION III L'hydrogène			
		Le dihydrogène que l'on présente parfois comme le combustible du 3 ^{ème} millénaire peut être obtenu par décomposition du méthanol. L'équation bilan, non équilibrée (pondérée) est :			
		$\text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$			
		Lorsqu'on introduit 1,5 mol de méthanol dans un ballon de 2,0 litres à une température donnée et qu'on laisse l'équilibre s'établir, on obtient 0,24 mol de dihydrogène.			
		a) Compléter le tableau ci-après :			
2 pts		CH₃OH(g)	CO(g)	H₂(g)	
	Quantités de matière introduites dans le ballon	1,5 mol			
	Quantités de matière à l'équilibre			0,24 mol	
		b) Calculer la valeur des concentrations à l'équilibre :			
2 pts		CH₃OH(g)	CO(g)	H₂(g)	
	Concentrations à l'équilibre (mol/L)				
		c) Donner l'expression de la constante d'équilibre et calculer sa valeur:			
4 pts					

8 pts		QUESTION IV Air vital ¹			
		Afin d'assurer la survie des astronautes dans les navettes et stations spatiales, il est impératif de régénérer le dioxygène qu'ils consomment et d'éliminer le dioxyde de carbone qu'ils rejettent. Une des méthodes permettant d'atteindre ces deux objectifs à la fois repose sur l'utilisation de capsules contenant un filtre chimique à base de peroxyde de sodium, Na ₂ O ₂ , qui réagit avec le dioxyde de carbone suivant l'équation (non pondérée) :			
		$\text{Na}_2\text{O}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{O}_2$			
1		Les capsules contiennent 80 % de peroxyde et du charbon de bois comme stabilisant.			
1		1) Pondérer l'équation de la réaction ci-dessus.			
1		2) Selon la NASA, une personne consomme en moyenne 0,84 kg de dioxygène en 24h. Quelle sera la masse de dioxygène consommée par un astronaute en 1 an ?			
3		3) Quelle masse de dioxygène peut produire 1,0 kg de filtre chimique ?			
2		4) Quelle masse de filtre actif faudra-t-il emmener pour 1 an, avec un astronaute dans la station ?			
1		5) A combien de capsules contenant 1,67 g de filtre actif cela correspond-il ?			

¹ EUSO 2012, p.307

8 pts	QUESTION V Thermochimie²
	Calculer l'enthalpie standard de réaction, ΔH°_r , pour la réaction (non pondérée) : $\text{CO(g)} + \text{H}_2\text{(g)} \rightarrow \text{CH}_3\text{OH(g)} \quad (1)$ connaissant les valeurs des enthalpies de combustion ΔH°_c , du dihydrogène (- 286 kJ/mol), du monoxyde de carbone (- 283 kJ/mol) et du méthanol (- 726 kJ/mol).
4	Ecrire et pondérer les équations de toutes les réactions concernées par ce calcul (y compris la réaction globale (1)).
3	Calculer l'enthalpie standard de la réaction (1) :
1	La réaction (1) est-elle endothermique ou exothermique ? (<i>Entourez la bonne réponse</i>)

10 pts	QUESTION VI Cinétique chimique³
	Afin de suivre la cinétique des processus de respiration et de photosynthèse des plantes, on mesure l'évolution au cours du temps de la concentration en CO_2 pour des plantes (ici des laitues) placées dans une enceinte hermétique. La figure ci-dessous montre l'évolution de la concentration en CO_2 en ppm (Partie/million ou partie par million ou mg/kg).
2 pts	Calculer les valeurs des vitesses de réaction pour les zones de mesures I à II et II à III et indiquer leur unité :

² P. Atkins et L. Jones, "Principes de Chimie" Trad. A. Pousse, De Boeck, Edition 2008, p. 245

³ EUSO 2008 p.33

	Indiquer, pour ces deux périodes de temps, lesquels des processus suivants sont impliqués : a) Respiration cellulaire uniquement b) Photosynthèse uniquement c) Respiration et photosynthèse simultanément (<i>Entourer la bonne réponse</i>)
2	- Période I à II : a) b) c) - Période II à III : a) b) c)
2	Donner les valeurs des vitesses de respiration et de photosynthèse à partir de la valeur de vitesse de réaction calculée ci-dessus, pour la période II à III :
2	Choisir l'option qui décrit le mieux la diminution de concentration en CO ₂ en présence de lumière (<i>Entourer la bonne réponse</i>) : a) Accroissement de température b) Respiration arrêtée c) Vitesse de photosynthèse supérieure à celle de respiration
2	Quand la photosynthèse s'arrêtera-t-elle si on maintient le récipient à la lumière (<i>Entourer la bonne réponse</i>) ? a) Lorsque les feuilles auront fabriqué tout le glucose dont elles ont besoin. b) Lorsque les feuilles auront produit assez de dioxygène. c) Lorsque la respiration ne sera plus possible. d) Lorsque les feuilles auront consommé tout le CO ₂ présent dans le récipient.

6 pts	QUESTION VII Equilibre de solubilité⁴
2	On mélange, à 25°C, des volumes égaux de deux solutions aqueuses, l'une à $2,0 \times 10^{-3}$ mol/L en Pb(NO ₃) ₂ , l'autre à $2,0 \times 10^{-1}$ mol/L en KI. Le produit de solubilité de l'iodure de plomb PbI ₂ vaut $K_{ps} = 1,4 \times 10^{-8}$ à cette température, dans l'échelle molaire de concentrations. Ecrire l'équation pondérée représentant l'équilibre de solubilité concerné :
2	Ecrire l'expression du produit de solubilité pour l'iodure de Pb ?
2	Quelle sera la concentration en ions plomb restant en solution à l'équilibre ?

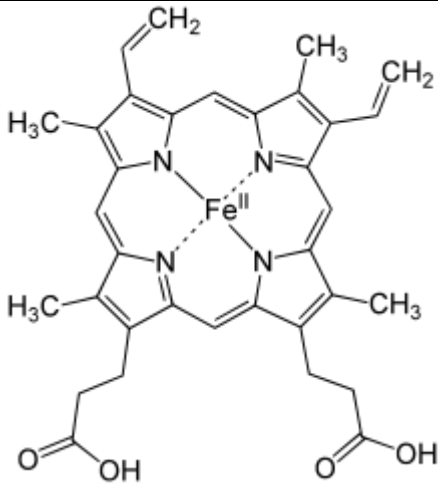
⁴ P. Atkins et L. Jones, "Principes de Chimie" Trad. A. Pousse, De Boeck, Edition 2008, p. 471.

6 pts	QUESTION VIII Equilibres chimiques – Procédés industriels					
<p>2</p> <p>1</p> <p>1</p> <p>1</p> <p>1</p>	<p>L'ammoniac intervient dans la fabrication des engrais ammoniacués. Il peut être injecté directement dans le sol à une profondeur de 12 à 15 cm. L'ammoniac est alors rapidement transformé en ions NH_4^+ qui se fixent dans le sol.</p>					
	<p>L'ammoniac est synthétisé à partir de diazote et de dihydrogène ; la source la plus utilisée de dihydrogène est le méthane ; le processus d'obtention met en oeuvre les deux réactions suivantes:</p>					
	<p>$\text{CH}_4(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \quad \Delta H^\circ = + 206,1 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1} \quad (1)$</p>					
	<p>$\text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \quad \Delta H^\circ = - 41,2 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1} \quad (2)$</p>					
	<p>a) Pondérer l'équation (1) et écrire et pondérer l'équation globale correspondant à la réaction de préparation du dihydrogène, limitée à un équilibre chimique :</p>					
	<p>b) Cette réaction globale est : endothermique exothermique (Entourer la bonne réponse)</p>					
	<p>c) Pour déplacer l'équilibre dans le sens de la formation de dihydrogène, il vaut mieux – travailler :</p>					
	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="212 994 549 1043">à haute pression</td> <td data-bbox="549 994 890 1043">à basse pression</td> <td data-bbox="890 994 1406 1043">la pression n'a pas d'influence</td> </tr> </table>			à haute pression	à basse pression	la pression n'a pas d'influence
	à haute pression	à basse pression	la pression n'a pas d'influence			
	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="212 1043 549 1093">à haute température</td> <td data-bbox="549 1043 890 1093">à basse température</td> <td data-bbox="890 1043 1406 1093">la température n'a pas d'influence</td> </tr> </table>			à haute température	à basse température	la température n'a pas d'influence
à haute température	à basse température	la température n'a pas d'influence				
<p>(Entourer la(les) bonne(s) réponse(s)) – travailler en présence d'un catalyseur : VRAI FAUX</p>						

10 pts	QUESTION IX Isomérisation		
	<p>Pour les familles de composés organiques reprises dans le tableau ci-dessous, indiquer à partir de quel nombre d'atomes de carbone les propriétés d'isomérisation apparaissent. Donner les formules semi-développées des isomères proposés en considérant uniquement des composés non cycliques.</p>		
	Famille	Nb minimum de C	Formules semi-développées
2	alcane		
2	alcène		
2	alcools à une seule fonction		
2	une seule fonction carbonyle		
2	une seule fonction carboxyle		

6 pts	QUESTION X Réactions organiques
	<p>Proposer une chaîne de réactions permettant de synthétiser de l'acétate (ou éthanoate) d'éthyle à partir d'éthylène (ou éthène) sans autre composé organique disponible. (NB/ les réactions proposées peuvent faire appel à tout composé inorganique utile). Ecrire les équations de toutes les réactions en notant les réactifs au-dessus des flèches ; donner les formules semi-développées et les noms de tous les composés organiques.</p>
2	
2	
2	

5 pts	QUESTION XI Acide/base				
	Classer les solutions suivantes, toutes de concentrations égales à 0,10 mol/L, dans l'ordre d'acidité décroissante : KCl, Na ₂ CO ₃ , CH ₃ -COOH, NaOH, H ₂ SO ₄ .				
	la plus acide la moins acide (la plus basique)				
	<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> </tr> </table>				

6 pts	QUESTION XII Fonctions organiques
	L'hémoglobine et la myoglobine sont des protéines qui contiennent un groupe hémique (porphyrinique). Elles fixent le dioxygène sur l'ion fer central (nombres d'oxydation II (forme réduite) et III (forme oxydée)). L'hème-b est le type d'hème le plus commun.
4	a) Indiquer sur la figure ci-contre les groupements fonctionnels organiques extérieures présents sur l'hème-b et les nommer.
2	b) Déterminer le pourcentage massique de fer contenu dans cette molécule sachant que sa formule moléculaire est : C ₃₄ H ₃₂ FeN ₄ O ₄
	

6 pts	QUESTION XIII Températures de fusion et d'ébullition																									
	Indiquer pour les 5 substances suivantes quelle(s) propriété(s) s'applique(nt) :																									
	<ul style="list-style-type: none"> a) Aura la température d'ébullition la plus élevée. b) Formera des liaisons (ponts) hydrogène intermoléculaires. c) Aura la température d'ébullition la plus faible d) Aura la température de fusion la plus élevée 																									
	(Entourer la ou les propriétés adéquates)																									
6x1pt	<table style="width: 100%;"> <tr> <td>CH₄ :</td> <td>a)</td> <td>b)</td> <td>c)</td> <td>d)</td> </tr> <tr> <td>C₂H₅OH :</td> <td>a)</td> <td>b)</td> <td>c)</td> <td>d)</td> </tr> <tr> <td>CH₃-COOH :</td> <td>a)</td> <td>b)</td> <td>c)</td> <td>d)</td> </tr> <tr> <td>CH₃-NH₂ :</td> <td>a)</td> <td>b)</td> <td>c)</td> <td>d)</td> </tr> <tr> <td>NaCl :</td> <td>a)</td> <td>b)</td> <td>c)</td> <td>d)</td> </tr> </table>	CH ₄ :	a)	b)	c)	d)	C ₂ H ₅ OH :	a)	b)	c)	d)	CH ₃ -COOH :	a)	b)	c)	d)	CH ₃ -NH ₂ :	a)	b)	c)	d)	NaCl :	a)	b)	c)	d)
CH ₄ :	a)	b)	c)	d)																						
C ₂ H ₅ OH :	a)	b)	c)	d)																						
CH ₃ -COOH :	a)	b)	c)	d)																						
CH ₃ -NH ₂ :	a)	b)	c)	d)																						
NaCl :	a)	b)	c)	d)																						

9 pts	QUESTION XIV Essence et pollution atmosphérique ⁵			
	<p>Les essences sont constituées d'un mélange d'hydrocarbures, à savoir d'alcane comme l'octane ou l'heptane, d'alcènes et d'aromatiques. Dans les moteurs, leur combustion avec l'air libère un mélange complexe de gaz d'échappement, ce que l'on peut représenter par l'équation simplifiée non pondérée :</p>			
	$\text{Essence} + \text{air} \xrightarrow{\text{combustion}} \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + (\text{N}_2 + \text{O}_2) + \overbrace{\text{CO} + \text{NO}_x + \text{HC}}^{\text{principaux polluants}}$ <p style="text-align: center;">(N₂+O₂) 0,85% 0,08% 0,05%</p> <p style="text-align: right;">HC= hydrocarbures</p>			
	a) Donner les formules semi-développées :			
1	du n-octane			
1	de l'oct-1-ène			
	<p>Pour améliorer la postcombustion des gaz d'échappement, on a équipé les véhicules de pots catalytiques</p> <ul style="list-style-type: none"> - qui accélèrent l'oxydation de CO et des hydrocarbures suivant les réactions : $2 \text{CO} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{CO}_2 \quad (1)$ $\text{C}_m\text{H}_n + x \text{O}_2 \rightarrow y \text{CO}_2 + z \text{H}_2\text{O} \quad (2)$ - qui rendent possible la réduction des oxydes d'azote (NO_x) en N₂ : $2 \text{NO} + 2 \text{CO} \rightarrow \text{N}_2 + 2 \text{CO}_2 \quad (3)$ $x \text{NO}_2 + y \text{CO} \rightarrow z \text{N}_2 + w \text{CO}_2 \quad (4)$ 			
2	b) Equilibrer, pondérer l'équation (2) pour l'octane et l'équation (4)			
2				
	c) Dans un mélange riche en dioxygène,			
1	le pot catalytique ne peut assurer la réduction des oxydes d'azote	VRAI	FAUX	Impossible à dire
1	le pot catalytique oxyde complètement le CO et les hydrocarbures	VRAI	FAUX	Impossible à dire
	Dans un mélange pauvre en dioxygène,			
1	le pot catalytique oxyde complètement le CO et les hydrocarbures	VRAI	FAUX	Impossible à dire

⁵ Les données proviennent du livre de C. BLIEFERT et R. PERRAUD, Chimie de l'environnement / Air, eau, sols, déchets, Bruxelles, Deboeck Université, 2001



NOM :

Prénom :

OLYMPIADE FRANCOPHONE DE CHIMIE 2016
NIVEAU 2 (élèves de sixième année) - **PREMIÈRE ÉPREUVE**

BROUILLON