



OLYMPIADE FRANCOPHONE DE CHIMIE 2013

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

R. CAHAY, R. FRANCOIS, J. FURNEMONT, C. HOUSSIER, R. HULS,
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 15 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 invités à participer à une **journée de leçons de chimie** (générale, physique et organique) le **jeudi 14 février 2013** (semaine du congé de carnaval). Ils seront convoqués à la **deuxième épreuve (problèmes) de l'Olympiade nationale** qui aura lieu le **mercredi 20 février 2013** à 14h30 précises dans un des 5 centres régionaux : Arlon, Bruxelles, Liège, Mons ou Namur.

Une 1^{ère} épreuve de qualification pour l'**Olympiade Internationale de Chimie** aura lieu le **mercredi 20 mars 2013** à 14h30 à l'ULg (Sart-Tilman) pour ceux qui pourront s'engager, s'ils sont sélectionnés, à participer à la suite de la formation et à la 45th IChO à Moscou du 15 au 24 juillet 2013.

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 ; UCB-Pharma ; Prayon sa ; les Editions De Boeck ; Larcier ; Tondeur ; Essenscia Wallonie; Essenscia Bruxelles ; le Fonds de Formation de l'Industrie chimique ; Belgochlor ; la Société Royale de Chimie ; la Région Bruxelloise ; les Universités Francophones.

Détachez cette feuille et conservez-la



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	He	
1,01 H 1																	4,00 He 2	
6,94 Li 3	9,01 Be 4											10,81 B 5	12,01 C 6	14,01 N 7	16,00 O 8	19,00 F 9	20,18 Ne 10	
22,99 Na 11	24,31 Mg 12	3 III b	4 IV b	5 V b	6 VI b	7 VII b	8 VIII b	9	10	11 I b	12 II b	13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar	
39,10 K 19	40,08 Ca 20		44,96 Sc 21	47,88 Ti 22	50,94 V 23	52,00 Cr 24	54,94 Mn 25	55,85 Fe 26	58,93 Co 27	58,69 Ni 28	63,55 Cu 29	65,39 Zn 30	69,72 Ga 31	72,61 Ge 32	74,92 As 33	78,96 Se 34	79,90 Br 35	83,80 Kr 36
85,47 Rb 37	87,62 Sr 38		88,91 Y 39	91,22 Zr 40	92,91 Nb 41	95,94 Mo 42	* Tc 43	101,07 Ru 44	102,91 Rh 45	106,42 Pd 46	107,87 Ag 47	112,41 Cd 48	114,82 In 49	118,71 Sn 50	121,75 Sb 51	127,60 Te 52	126,90 I 53	131,29 Xe 54
132,91 Cs 55	137,33 Ba 56	(1) 57-70	174,97 Lu 71	178,49 Hf 72	180,95 Ta 73	183,9 W 74	186,21 Re 75	190,21 Os 76	192,22 Ir 77	195,08 Pt 78	196,97 Au 79	200,59 Hg 80	204,38 Tl 81	207,21 Pb 82	208,98 Bi 83	* Po 84	* At 85	* Rn 86
* Fr 87	* Ra 88	(2) 89-102	* Lr 103	* Rf 104	* Db 105	* Sg 106	* Bh 107	* Hs 108	* Mt 109	* Uun 110	* Uuu 111	* Uub 112						

* Éléments 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

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

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

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

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

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

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 2013
NIVEAU 2 (élèves de sixième année) - **PREMIÈRE ÉPREUVE : QUESTIONS**

5 pts	QUESTION I Vie courante – Pâte dentifrice	
5 x 1	<p>La composition d'une pâte dentifrice est assez complexe. Elle contient généralement les agents suivants qui jouent chacun un rôle bien spécifique :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) un agent de polissage ou abrasif pour éliminer la plaque dentaire ; il est peu soluble dans l'eau et d'une dureté telle qu'il ne griffe pas l'émail ; 2) un agent moussant, émulsifiant, tensioactif contenant de longues chaînes à tête polaire ; 3) un agent humectant pour garder au dentifrice sa consistance fluide ; il est constitué de molécules formant des ponts hydrogène ; 4) un agent édulcorant ("faux sucre") pour compenser le goût amer de certains des autres composants ; 5) un agent anticarie qui permet la formation de fluoroapatites rendant l'émail des dents plus résistant ; <p>Pour chacun des constituants de cette pâte dentifrice, indiquer la fonction (le rôle) qui peut lui correspondre :</p>	
	Constituants de la pâte dentifrice	
	A. Glycérol (propane-1,2,3-triol) ou glycérine	Fonction de l'agent (1 à 5)
	B. Fluorure de sodium	
	C. Laurylsulfate ou dodécylsulfate de sodium, $\text{H}_3\text{C}-(\text{CH}_2)_{11}-\text{O}-\text{SO}_3^- \text{Na}^+$	
	D. $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, monohydrogénophosphate de calcium à 2 molécules d'eau ou phosphate dicalcique hydraté	
E. Saccharine ou aspartame		

8 pts	QUESTION II Concentration ¹
	<p>Pour préparer une solution diluée d'un composé, il est recommandé de préparer d'abord une solution plus concentrée ("solution stock") et de la diluer ensuite.</p> <p>C'est ainsi que l'on a préparé une solution stock (A) de dichromate de potassium, $K_2Cr_2O_7$ ($M = 294,2$ g/mol), en pesant 0,662 g de ce composé (avec une balance pesant au milligramme) que l'on a introduit dans un ballon jaugé de 250 mL et dissous dans de l'eau distillée en complétant finalement avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge.</p> <p>Pour obtenir la solution diluée (B), on a ensuite prélevé 10,0 mL de la solution A que l'on a transféré dans un ballon jaugé de 250 mL et complété avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge.</p>
2	a) Calculer la concentration molaire de la solution stock A : mol/L.
2	b) Calculer la concentration molaire de la solution diluée B : mol/L.
3	c) Calculer la masse, en mg , de $K_2Cr_2O_7$ qu'il aurait fallu peser pour préparer directement la solution diluée B dans le ballon jaugé de 250 mL :
1	d) Indiquer quelle doit être la précision de la balance à utiliser pour effectuer la pesée c) avec une précision comparable à celle qui a été atteinte pour préparer la solution A :

5 pts	QUESTION III Loi du gaz parfait ²
	<p>Le dioxyde de carbone qui est produit dans les vaisseaux spatiaux habités, dans les sous-marins ou dans les appareils d'assistance respiratoire d'urgence, doit être éliminé. Ceci peut être réalisé grâce à une réaction avec le superoxyde de potassium. Pondérer (équilibrer) cette réaction.</p>
2	$\underline{\quad} KO_2 (s) + \underline{\quad} CO_2 (g) \rightarrow \underline{\quad} K_2CO_3 (s) + \underline{\quad} O_2 (g)$
3	Calculer la masse de KO_2 nécessaire pour consommer 50,0 L de CO_2 mesurés à 25°C sous une pression de 1 atm (101325 Pa).

¹ Adapté de "Principe de Chimie" par P. Atkins et L. Jones, Traduction par A. Pousse, De Boeck, Edition 2008, p.153 et F92.

² ibid exercice G16, p.F60.

6 pts	QUESTION IV Manipulation de chimie analytique ³
<p>2</p> <p>2</p> <p>2</p>	<p>On dispose des informations de solubilité suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - les chlorures sont solubles à l'exception de ceux de Ag^+, Hg_2^{2+} et Pb^{2+} ; - les sulfates sont solubles à l'exception de ceux de Ca^{2+}, Sr^{2+}, Ba^{2+}, Ag^+ (faiblement soluble), Hg_2^{2+} et Pb^{2+} ; - les sulfures sont insolubles à l'exception des sulfures alcalins (groupe I) et d'ammonium. <p>On recherche dans une solution la présence éventuelle des ions Ag^+, Ca^{2+} et Zn^{2+}. On fait les constatations suivantes :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) un précipité se forme lors de l'addition d'une solution de chlorure d'hydrogène ; 2) après avoir filtré la solution obtenue en 1) afin d'éliminer le précipité, l'addition d'acide sulfurique ne produit aucune réaction ; 3) l'addition de sulfure d'hydrogène à la solution obtenue en 2) provoque l'apparition d'un précipité. <p>a) Ecrire et pondérer (équilibrer) les équations des deux réactions de précipitation concernées :</p> <p>b) Entourer les symboles des ions présents dans la solution de départ : Ag^+, Ca^{2+} et Zn^{2+}</p>

8 pts	QUESTION V Thermochimie
<p>4</p> <p>4</p>	<p>Il est possible de calculer l'enthalpie de formation de l'éthanol (g) connaissant sa variation d'enthalpie standard de combustion (-1368,0 kJ/mol) ainsi que les enthalpies standards de formation de CO_2 (g) (-393,5 kJ/mol) et de H_2O (l) (-285,8 kJ/mol). Pour ce faire, il faut d'abord pondérer (équilibrer) les équations des 4 réactions concernées:</p> <p>On peut ainsi en déduire l'enthalpie de formation de l'éthanol (g) :</p> <p><i>NB : Pour les enthalpies de formation, les divers composés sont considérés comme se formant à partir des corps simples dans leur forme la plus stable.</i></p>

³ ibid exercice I23, p.F71.

5 pts	QUESTION VI Cinétique chimique		
5x1	Indiquer par une croix dans la case appropriée si chacune des affirmations suivantes est vraie ou fausse.		
		Vrai	Faux
	La concentration en réactifs n'a jamais d'influence sur la vitesse d'une réaction chimique.		
	Une élévation de température augmente la vitesse d'une réaction chimique.		
	Un catalyseur positif accélère une réaction chimique.		
	Dans une réaction chimique, la vitesse initiale de disparition d'un réactif est égale à la variation de concentration en l'unité de temps au temps $t=0$.		
Dans une réaction chimique, la vitesse de disparition d'un réactif est toujours constante au cours du temps.			

6 pts	QUESTION VII Dissociation ionique dans l'eau														
	<p>Une solution aqueuse doit contenir les ions ci-dessous aux concentrations indiquées</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Ions</th> <th>Concentrations (mol/L)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Mg^{2+}</td> <td>0,020</td> </tr> <tr> <td>K^+</td> <td>0,010</td> </tr> <tr> <td>Na^+</td> <td>0,030</td> </tr> <tr> <td>SO_4^{2-}</td> <td>0,005</td> </tr> <tr> <td>NO_3^-</td> <td>0,030</td> </tr> <tr> <td>Cl^-</td> <td>0,040</td> </tr> </tbody> </table> <p>La façon la plus simple de réaliser cette solution est de dissoudre dans l'eau les quantités adéquates de (cocher la bonne réponse) :</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> $Mg(NO_3)_2$, K_2SO_4 et $NaCl$ <input type="checkbox"/> $MgSO_4$, KCl et $NaNO_3$ <input type="checkbox"/> $Mg(NO_3)_2$, KCl et Na_2SO_4 <input type="checkbox"/> $MgCl_2$, K_2SO_4 et $NaNO_3$ <input type="checkbox"/> $MgCl_2$, KNO_3 et Na_2SO_4 <input type="checkbox"/> Toutes les réponses ci-dessus sont correctes. <input type="checkbox"/> Aucune des réponses ci-dessus n'est correcte. 	Ions	Concentrations (mol/L)	Mg^{2+}	0,020	K^+	0,010	Na^+	0,030	SO_4^{2-}	0,005	NO_3^-	0,030	Cl^-	0,040
Ions	Concentrations (mol/L)														
Mg^{2+}	0,020														
K^+	0,010														
Na^+	0,030														
SO_4^{2-}	0,005														
NO_3^-	0,030														
Cl^-	0,040														

6 pts	QUESTION VIII Equilibres acide/base
3	<p>Par dissolution du gaz ammoniac (NH₃) dans l'eau, à température constante, on constate la formation d'ions NH₄⁺.</p> <p>a) Ecrire et pondérer (équilibrer) l'équation de la réaction d'équilibre concernée :</p>
3	<p>b) En conséquence (Cocher la bonne réponse) :</p> <p><input type="checkbox"/> la concentration en ions OH⁻ diminue.</p> <p><input type="checkbox"/> la concentration en ions OH⁻ augmente.</p> <p><input type="checkbox"/> le produit des concentrations en ions H₃O⁺ et OH⁻ diminue.</p> <p><input type="checkbox"/> le produit des concentrations en ions H₃O⁺ et OH⁻ augmente.</p> <p><input type="checkbox"/> aucune des réponses ci-dessus n'est correcte.</p>

8 pts	QUESTION IX Equilibres de solubilité ⁴
2	<p>On mélange, à 25°C, des volumes égaux de deux solutions aqueuses à 0,20 mol/L respectivement de Pb(NO₃)₂ et de KI. Le produit de solubilité de l'iodure de plomb PbI₂ vaut $K_{ps} = 1,4 \times 10^{-8}$ à cette température, dans l'échelle molaire de concentrations.</p> <p>a) Ecrire l'équation de l'équilibre de solubilité impliqué :</p>
3	<p>b) Donner l'expression du produit de solubilité K_{ps} :</p>
3	<p>c) Etablir par le calcul si PbI₂ précipitera ou pas :</p>

6 pts	QUESTION X Structure et polarité																																			
6x1	<p>Indiquer, pour chacun(e) des molécules et ions ci-dessous, le nombre N de paires non-liantes (libres) sur l'atome central, la forme géométrique (linéaire, coudée, tétraédrique, triangulaire, pyramidale) et le caractère polaire ou non.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>N</th> <th>Géométrie</th> <th>Polaire</th> <th>Non-polaire</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CH₄</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>BF₃</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>NO₂⁻ (nitrite)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>SO₂</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>CO₂</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>NH₄⁺</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		N	Géométrie	Polaire	Non-polaire	CH ₄					BF ₃					NO ₂ ⁻ (nitrite)					SO ₂					CO ₂					NH ₄ ⁺				
		N	Géométrie	Polaire	Non-polaire																															
	CH ₄																																			
	BF ₃																																			
	NO ₂ ⁻ (nitrite)																																			
	SO ₂																																			
	CO ₂																																			
NH ₄ ⁺																																				

⁴ ibid Ch.11, p.470.

5 pts	QUESTION XI Réactions organiques - Polymères
3 2	<p>Le plastic appelé "Saran" est un polymère utilisé pour l'emballage alimentaire en raison de sa faible perméabilité à l'oxygène et aux arômes. Sa formule de structure semi-développée est :</p> $-\text{[CH}_2\text{-CCl}_2\text{-CH}_2\text{-CCl}_2\text{-CH}_2\text{-CCl}_2\text{-CH}_2\text{-CCl}_2\text{-CH}_2\text{-CCl}_2\text{]}_n\text{-}$ <p>Déterminer la formule du monomère et nommer ce dernier :</p> <ul style="list-style-type: none"> - formule du monomère - nom du monomère dans la nomenclature officielle

8 pts	QUESTION XII Titrage acide/base et formule moléculaire⁵
1 1 1 1 1 1 2	<p>Sur base des informations ci-dessous, on demande d'identifier le composé X extrait d'une plante saisie par les inspecteurs des douanes.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Le composé X est un solide blanc cristallin. Sa solution aqueuse fait virer la teinture de tournesol au rouge et elle conduit faiblement le courant électrique. 2) L'analyse élémentaire de X indique qu'il contient un pourcentage en masse de 26,68 de C, 2,239 d'H et le reste d'oxygène ; le spectre de masse de X fournit une masse molaire de 90,04 g/mol. 3) 40,0 mL d'une solution aqueuse à 0,100 mol/L de NaOH sont nécessaires pour réagir complètement avec 20,0 mL d'une solution aqueuse à 0,100 mol/L de X. <p>a) Le composé X est donc un _____, selon l'observation 1).</p> <p>b) Les quantités de matière (nombres de moles, n, d'atomes) de chaque espèce présents dans une mole de molécules X valent :</p> <ul style="list-style-type: none"> - $n(\text{C})$: - $n(\text{H})$: - $n(\text{O})$: <p>c) La formule moléculaire de X est donc :</p> <p>d) Le titrage effectué au point 3) ci-dessus permet de connaître le nombre de protons dissociables H^+ présents dans la molécule du composé X : Ce nombre est égal à :</p> <p>e) La formule de structure développée de X est :</p>

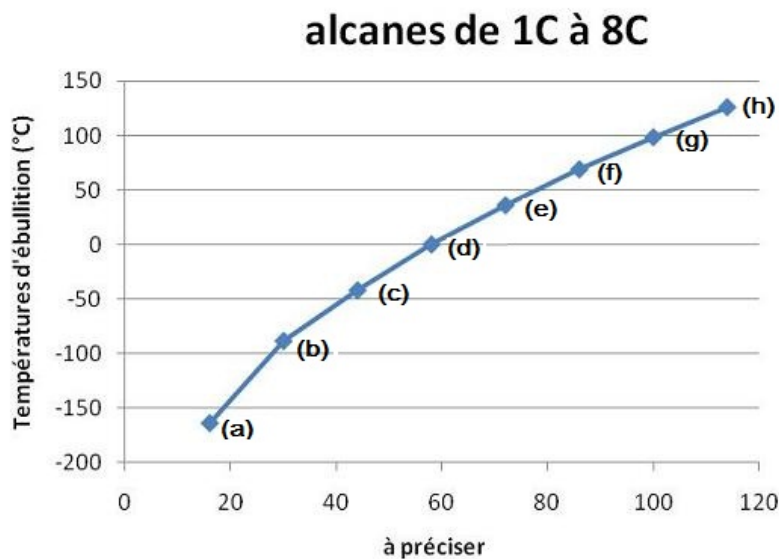
⁵ ibid exercice J9, p.F77.

8 pts	QUESTION XIII Fonctions organiques
2	Les alcènes peuvent être obtenus par déshydratation intramoléculaire des alcools. Donner les noms et formules semi-développées des alcènes obtenus par déshydratation (mentionner les isomères s'il y en a)
2	a) du n-propanol ou propan-1-ol :
2	b) de l'isopropanol ou propan-2-ol :
2	c) du n-butanol ou butan-1-ol :
2	d) du butan-2-ol :

8 pts	QUESTION XIV Réactions organiques
2	a) L'éthanol (ou alcool éthylique) à usage industriel est habituellement préparé par hydratation de l'éthène (ou éthylène) en présence d'acide phosphorique comme catalyseur, tandis que l'alcool destiné aux boissons alcoolisées est plutôt obtenu par fermentation alcoolique des sucres ($C_6H_{12}O_6$). Dans ce dernier processus, il y a également dégagement de dioxyde de carbone. Ecrire et pondérer les équations de ces deux réactions :
2	b) Lorsque l'éthanol est laissé au contact de l'air, en présence de bactéries de type <i>Acetobacter</i> , il est converti en vinaigre ("vin aigre"), solution d'acide éthanoïque (ou acide acétique) à 5-8 g/100g (ou 5-8°, "degré"). Ecrire et pondérer l'équation de cette réaction :
1	c) L'éthanoate d'éthyle (ou acétate d'éthyle), utilisé comme dissolvant, se prépare par réaction de l'éthanol avec un acide carboxylique ; lequel ?
1	- nom _____
1	- formule semi-développée
2	Ecrire et pondérer l'équation de cette réaction :

8 pts QUESTION XV Chimie Organique - Températures d'ébullition

Le graphique ci-dessous représente l'évolution des températures d'ébullition (t_{eb}) pour des hydrocarbures saturés à chaîne linéaire contenant de 1 à 8 atomes de carbone.



1

a) Préciser la nature de la grandeur portée en abscisse : _____

2

b) Donner les **noms** des hydrocarbures correspondant aux points (a) à (h) :

(a) : (b) : (c) : (d) :

(e) : (f) : (g) : (h) :

c) Les deux facteurs repris ci-dessous peuvent-ils être responsables de l'évolution de la température d'ébullition, $t_{éb}$, observée dans la série des alcanes linéaires ? Entourer la mention adéquate (« Vrai » ou « Faux ») pour chacune des deux propositions.

1

Il y a augmentation des interactions intermoléculaires avec l'allongement de la chaîne	Vrai	Faux
Il y a augmentation du nombre de liaisons hydrogène (ponts hydrogène) avec l'allongement de la chaîne	Vrai	Faux

1

d) Sur ce graphique, les trois composés mentionnés dans le tableau ci-dessous se situeront dans les régions suivantes (indiquer la valeur de l'abscisse et entourer le domaine approprié de température d'ébullition, $t_{éb}$) :

1

Composé	Abscisse	$t_{éb}$ (°C)		
		< - 50	\approx 0	>> 20
Ethanol		< - 50	\approx 0	>> 20
Oxyde de diéthyle ou éthoxyéthane		< 0	\approx 40	>> 50
Acide éthanoïque		< 0	\approx 0	>> 50

1

1



NOM :

Prénom :

OLYMPIADE FRANCOPHONE DE CHIMIE 2013
NIVEAU 2 (élèves de sixième année) - **PREMIÈRE ÉPREUVE**

BROUILLON