

Avec le soutien de



FÉDÉRATION
WALLONIE-BRUXELLES



Wallonie



GlaxoSmithKline



Université
de Liège



RÉGION DE BRUXELLES-CAPITALE
BRUSSELS HOOFDSTEDELIJK GEWEST



essencia



PRAYON



DUNOD



et des Universités
Francophones et
leurs Associations de
promotions des
sciences

OLYMPIADE FRANCOPHONE DE CHIMIE 2017

PROBLEMES - NIVEAU II (élèves de 6^{ème})

R. CAHAY, S. CAUBERGH, S. DAMMICCO, L. DEMARET,
R. FRANCOIS, J. FURNEMONT, C. HOUSSIER[†], M. HUSQUINET-
PETIT, T. JUNGERS, G. KAISIN, V. LONNAY, C. MALHERBE,
A. MAREE, L. MERCINY et C. WARNIER.



Votre n° d'inscription à conserver :

Chères étudiantes, chers étudiants,

Nous vous félicitons pour votre participation à l'Olympiade de chimie et nous vous souhaitons plein succès dans cette deuxième épreuve ainsi que dans vos études et dans toutes vos entreprises futures. Nous vous félicitons aussi d'avoir réussi la première épreuve, ce qui vous permet, aujourd'hui, d'aborder l'épreuve "Problèmes".

Vous trouverez ci-joint **4 problèmes**. Les matières sur lesquelles portent ces questions sont : la chimie générale, la stœchiométrie, le pH, l'oxydoréduction et la chimie organique.

Vous disposez de deux heures pour répondre. Vous pouvez utiliser une machine à calculer non programmable, mais vous ne devez être en possession d'aucun document personnel.

Répondez à chacun des problèmes sur la feuille (recto et verso, si nécessaire) où figure l'énoncé. **Indiquez clairement votre raisonnement et vos calculs. Justifiez vos réponses et indiquez les unités aux réponses finales.** La dernière feuille est une feuille de brouillon qui ne sera pas prise en considération pour l'évaluation. Détachez les deux premières feuilles et conservez-les. Indiquez clairement le numéro d'inscription personnel qui vous a été communiqué sur chacune des feuilles de questions et de réponses. Le détail des cotes pour chaque question se trouve en haut de page sous la forme d'un tableau.

À l'issue de l'évaluation de cette deuxième épreuve, les LAUREATS DE L'OLYMPIADE NATIONALE seront connus et invités à suivre un stage de formation en vue de la sélection des deux représentants francophones aux Olympiades Internationales de Chimie.

Les organisateurs de l'Olympiade Francophone de Chimie.

Détachez cette feuille et conservez-la



Constantes Utiles

(Détachez cette feuille si nécessaire)



Groupe Transition 2016

TABLEAU PÉRIODIQUE DES ÉLÉMENTS

1																	18
I a																	VIII a
1,01 H 1	masse atomique relative A_r nombre atomique Z																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	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
		III b	IV b	V b	VI b	VII b	VIII b			I b	II b	III a	IV a	V a	VI a	VII a	
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	*	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) 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	*	*	*
* 87 Fr	* 88 Ra	(2) 103 Lr	* 104 Rf	* 105 Db	* 106 Sg	* 107 Bh	* 108 Hs	* 109 Mt	* 110 Ds	* 111 Rg	* 112 Cn	* 113 Uut	* 114 Fl	* 115 Uup	* 116 Lv	* 117 Uus	* 118 Uuo

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

(1) 14 éléments de la famille des lanthanides ; (2) 14 éléments de la famille des actinides

Constantes

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

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

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

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

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})

Formules simplifiées de pH :

Acide fort	Acide faible	Base forte	Base faible
$\text{pH} = -\log c_{\text{acide}}$	$\text{pH} = \frac{1}{2} \text{p}K_a - \frac{1}{2} \log c_{\text{acide}}$	$\text{pH} = 14 + \log c_{\text{base}}$	$\text{pH} = 7 + \frac{1}{2} \text{p}K_a + \frac{1}{2} \log c_{\text{base}}$

Mélange tampon : $\text{pH} = \text{p}K_a + \log \frac{c_{\text{base}}}{c_{\text{acide}}}$

A 25 °C : $K_w = K_{\text{H}_2\text{O}} = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1,0 \times 10^{-14}$

Litre (L) et dm^3 représentent la même unité de volume. Toutes les valeurs ont été exprimées en L. Il en est de même pour mL utilisé comme équivalent à cm^3 .



N° d'inscription :

Problème I : Friandises piquantes

1a	1b	1c	1d	1e	1f	1g	Total Problème I
3	4	2	2	3	6	5	25

Les friandises piquantes décrites ci-après sont des sucreries dont l'enveloppe parfumée contient aussi un mélange d'hydrogénocarbonate de sodium NaHCO_3 et d'acide tartrique (acide 2,3-dihydroxybutanedioïque), $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6$.

a) En considérant que tout le sucre présent est du saccharose, $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$, écrire une équation chimique correspondant à la combustion complète du sucre.

La chaleur de combustion du saccharose est de $-5\,644\text{ kJ mol}^{-1}$

b) Calculer l'énergie libérée quand on brûle complètement (dans des proportions stœchiométriques) une friandise contenant 6,70 g de saccharose.

Un être humain consomme environ 2500 kilocalories par jour ; $1\text{ kJ} = 0,239\text{ kcal}$.

c) Combien de friandises doit consommer un être humain pour satisfaire ses besoins calorifiques journaliers ?

La friandise produit une légère sensation de pétilllement dans la bouche quand l'acide tartrique réagit avec l'hydrogénocarbonate de sodium pour produire du dioxyde de carbone.

d) Ecrire la formule semi-développée de l'acide tartrique (acide 2,3-dihydroxybutanedioïque)



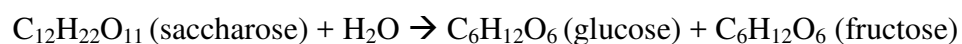
N° d'inscription :

e) Ecrire l'équation correspondant à la réaction entre l'acide tartrique et l'hydrogénocarbonate de sodium.

Dans une expérience de laboratoire, on récupère le dioxyde de carbone formé à partir de la réaction précédente, à savoir $5,6 \text{ cm}^3$ à 0°C et 101325 Pa .

f) Calculer les masses minimales d'acide tartrique et d'hydrogénocarbonate de sodium pour produire ce volume de dioxyde de carbone.

g) Il est possible d'hydrolyser le saccharose en glucose ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) et en fructose ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) avec une solution d'acide chlorhydrique (catalyseur).



Sachant que :

$$\Delta H_f^\circ (\text{fructose}) = -1265,6 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\Delta H_f^\circ (\text{glucose}) = -1273,3 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\Delta H_f^\circ (\text{saccharose}) = -2226,1 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\Delta H_f^\circ (\text{H}_2\text{O}(l)) = -285,1 \text{ kJ mol}^{-1}$$

discuter du caractère exo/endermique de la réaction.



N° d'inscription :

Problème II : Lait de magnésie

2a	2b	2c	2d	2e	2f	2g	Total Problème II
2	5	5	4	3	3	3	25

Pour combattre l'hyperacidité gastrique, on peut ingérer du "lait de magnésie" qui est une suspension homogène d'hydroxyde de magnésium, $\text{Mg}(\text{OH})_2$, dans l'eau. Le produit de solubilité de l'hydroxyde de magnésium, K_{ps} ou $K_s = 1,50 \cdot 10^{-11} \text{ (mol/L)}^3$.

a) Ecrire les équations correspondant aux équilibres chimiques mis en jeu lorsque le lait de magnésie réagit avec l'acide dans l'estomac.

b) Déterminer la concentration en ions OH^- dans une solution saturée d'hydroxyde de magnésium.

c) Déterminer le pH de cette solution.



N° d'inscription :

- d) Déterminer la quantité de matière de $\text{Mg}(\text{OH})_2$ contenue dans 20,0 mL d'un lait de magnésie contenant 80,0 mg de $\text{Mg}(\text{OH})_2$ par mL de suspension.

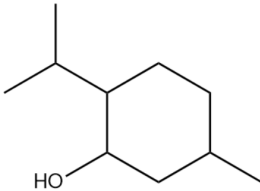
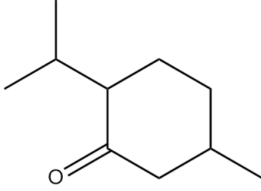
- e) Quel volume d'une solution aqueuse de chlorure d'hydrogène (HCl) ($c = 2,00 \text{ mol/L}$) faut-il pour neutraliser 20,0 mL d'un lait de magnésie contenant 80,0 mg de $\text{Mg}(\text{OH})_2$ par mL de la suspension ?

- f) Quelle masse d'hydroxyde de magnésium contient un flacon de 250 mL de ce lait de magnésie ?

Problème III : La menthone

3a	3b	3c	3d	3e	Total Problème III
2	3	3	8	9	25

La menthone est un des constituants de certaines espèces de menthe. Son odeur et sa saveur, analogues à celles de la menthe en font un arôme très utilisé dans les produits alimentaires. Elle peut être synthétisée à partir du menthol.

Nom	Menthol	Menthone
Formule empirique (brute)	$C_9H_{18}CHOH$	$C_9H_{18}CO$
Formule topologique		
Température d'ébullition	215°C	209°C
Température de fusion	43°C	-6.5°C

- a) Quelles sont les fonctions organiques présentes respectivement dans le menthol et la menthone ?

- b) Expliquer la différence de température de fusion des deux composés sur base de leurs structures.

- c) L'oxydation de 15,6 g de menthol en menthone est réalisée à reflux en milieu aqueux acide avec un excès de MnO_4^- (couple oxydo-réducteur $MnO_4^- (aq)/Mn^{2+} (aq)$). Une fois la réaction terminée, la purification de la menthone est faite par extraction liquide-liquide avec du cyclohexane, un solvant organique de masse volumique $\rho = 0,78 \text{ g dm}^{-3}$ et de température d'ébullition 81°C. Parmi les espèces chimiques présentes dans le ballon, seule la menthone est soluble dans le cyclohexane. Le contenu du ballon est transvasé dans une ampoule à décanter et du cyclohexane est ajouté.



N° d'inscription :

Quelle est la phase surnageante dans l'ampoule à décanter ? Justifier.

- d) Après agitation et décantation, deux phases se séparent. La phase organique est alors récoltée et évaporée pour obtenir une masse de 11,2 g de menthone.

Quel est le rendement de la réaction ?

- e) En parfumerie, on utilise de l'huile essentielle de menthe poivrée dans laquelle on peut extraire un composé très odorant dérivé du menthol. Il est possible de synthétiser ce composé chimiquement à partir du menthol lui-même et d'acide acétique (ou acide éthanoïque).

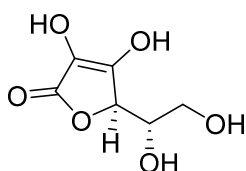
Ecrire l'équation (réactifs et produits) de réaction entre le menthol et l'acide acétique.

Comment s'appelle cette réaction ?

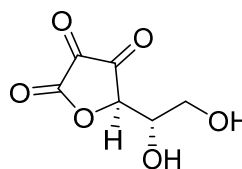
Problème IV : Le camu-camu : trésor du Pérou

4a	4b	4c	4d	Total Problème IV
2	11	1	11	25

Le camu-camu (*Myrciariadubia*) est un arbre originaire de la forêt amazonienne et appartient à la même famille que la goyave. Son fruit, portant le même nom et régulièrement utilisé dans la cuisine péruvienne, est considéré comme « superfruit » grâce à sa forte richesse en acide ascorbique ($C_6H_8O_6$), ce qui lui procure de forts pouvoirs antioxydants (protection contre le stress oxydatif) et d'autres vertus pour la santé. Outre ses propriétés acido-basiques, l'acide ascorbique forme un couple redox avec l'acide déhydroascorbique ($C_6H_6O_6$).



Acide ascorbique



Acide déhydroascorbique

- a) Quelle est le nom plus courant de l'acide ascorbique ?

Typiquement, le jus de camu-camu contient entre 3000 et 4000 mg d'acide ascorbique pour 100 mL de liquide. Une industrie agro-alimentaire péruvienne a décidé de le commercialiser comme complément alimentaire. À des fins de standardisation, les chimistes doivent doser la teneur en acide ascorbique présent dans chaque récolte arrivée dans l'usine.

Pour doser l'acide ascorbique de la récolte de janvier 2016, ils ont pris 50 mL du jus qu'ils ont dilué avec 100 mL d'eau. Ensuite, ils ont ajouté quelques mL d'empois d'amidon (indicateur coloré). Ils ont alors ajouté au moyen d'une burette graduée une solution d' I_2 , S1: une coloration bleu foncé persistante est apparue après ajout de 42,0 mL de la solution d' I_2 . Cette solution d' I_2 (S1), a été préalablement étalonnée par du thiosulfate de sodium : 3,845 g de $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ ont été dissous dans 250 mL d'eau afin d'obtenir une solution S2. 41,2 mL de cette solution S2 ont été nécessaires pour titrer 5,0 mL de la solution d'iode S1.

Voici les données physico chimiques à votre disposition :

$$pK_a \text{ (acide ascorbique)} = 4,1$$

$$E^\circ (I_2/I^-) = 0,54 \text{ V}$$

$$E^\circ (C_6H_6O_6/C_6H_8O_6) = 0,13 \text{ V}$$

$$E^\circ (S_4O_6^{2-}/S_2O_3^{2-}) = 0,08 \text{ V}$$

$$\text{Solubilité (acide ascorbique)} = 330 \text{ g L}^{-1}$$



N° d'inscription :

- b) Quelle est la concentration en I_2 de la solution S1 ? Ne pas oublier d'équilibrer les équations chimiques pour justifier vos calculs.

- c) Avec quelle verrerie ont-ils prélevé précisément les 50,0 mL du jus de camu-camu ?

- d) Cette récolte vérifie-t-elle les normes afin qu'elle puisse être commercialisée ? Ne pas oublier d'équilibrer les équations chimiques pour justifier vos calculs.

Brouillon