

Votre
numéro

OLYMPIADE FRANCOPHONE DE CHIMIE 2021
NIVEAU I ELEVES DE 5^{ème} ANNEE

DEUXIEME EPREUVE

Avec le soutien de :



La Wallonie
La Communauté Germanophone de Belgique
La Région de Bruxelles - Capitale
Fédération Wallonie-Bruxelles
ULiège et Réjouissances
ULB et Infosciences
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.
ESSENCIA BRUXELLES - WALLONIE
TRASIS
ACLg, l'Association des Chimistes de l'ULiège



Chers amis chimistes,

Nous vous félicitons pour votre participation à cette Olympiade.

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 !

A 20 °C, un pneu de bicyclette peut contenir 2,50 dm³ d'air à une pression de 350 kPa. Un cycliste s'apprête à regonfler son pneu fraîchement réparé avec une pompe manuelle. Le volume d'air maximal que peut contenir le piston de sa pompe à la pression atmosphérique (101 kPa) est égal à 575 cm³.

Combien de coups de pompe seront nécessaires pour regonfler ce pneu ?

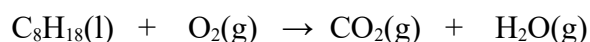
RÉPONSE (25 pts) : Nbre de coups = (arrondir à l'unité)

A_r : N : 14,0 - O : 16,0 - Ar : 40,0 ; $R = 8,31 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1} = 0,0821 \text{ L}\cdot\text{atm}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$; $T (0^\circ\text{C}) = 273 \text{ K}$
Composition de l'air (volume/volume) : N₂ : 78 % ; O₂ : 21 % ; Ar : 1 %.

Une voiture de Formule 1 consomme en moyenne 75,0 L d'essence par 100 km.

On considérera que cette essence est composée uniquement d'octane.

La réaction de combustion de l'octane est la suivante :



a) Ecrivez l'équation pondérée (équilibrée) de combustion de l'octane.

EQUATION (5 pts) :

b) Aux conditions normales de température et de pression (0°C ; 1 atm), quel volume de dioxygène sera nécessaire pour parcourir 100 km ?

RÉPONSE (10 pts) : $V(\text{O}_2) = \dots\dots\dots \text{m}^3$ (3 chiffres significatifs)

c) Quelle est la masse de dioxyde de carbone émise par km parcouru par cette voiture ?

RÉPONSE (10 pts) : $m(\text{CO}_2) = \dots\dots\dots \text{g/km}$ (4 chiffres significatifs)

A_r : H : 1,01 - C : 12,0 - N : 14,0 - O : 16,0

$R = 8,31 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1} = 0,0821 \text{ L}\cdot\text{atm}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$; $T(0^\circ\text{C}) = 273 \text{ K}$; $V_m = 22,4 \text{ L/mol}$ (CNTP) ; $\rho(\text{C}_8\text{H}_{18}) = 0,730 \text{ g/cm}^3$

L'eau de mer est constituée d'un ensemble d'espèces chimiques dissoutes parmi lesquelles on retrouve majoritairement des ions chlorures, sulfates, sodium et magnésium.

La composition de 100 g de sel de mer sec est la suivante :

- 77,0 g de chlorure de sodium (NaCl)
- 10,0 g de chlorure de magnésium (MgCl₂)
- 6,00 g de sulfate de magnésium (MgSO₄)
- 7,00 g de divers sels tels que le sulfate de calcium, le sulfate de potassium, le carbonate de calcium, etc.

La salinité de l'eau de mer se situe, en moyenne, à 3,50 % (pourcentage massique) et sa masse volumique est alors de 1,03 kg/L.

a) Ecrivez les équations pondérées (équilibrées) de dissolution des trois premiers sels.

<u>EQUATIONS</u> (3x2 pts)
NaCl :
MgCl ₂ :
MgSO ₄ :

b) Calculez la masse d'un litre d'eau de mer.

<u>RÉPONSE</u> (5 pts) : $m(\text{eau de mer}) = \dots\dots\dots$ g (4 chiffres significatifs)
--

c) Calculez la masse totale de sel dissous dans 1,00 L d'eau de mer.

<u>RÉPONSE</u> (5 pts) : $m(\text{sel}) = \dots\dots\dots$ g (3 chiffres significatifs)

d) Calculez la concentration molaire en ions chlorure présents dans 1,00 L d'eau de mer.

<u>RÉPONSE</u> (5 pts) : $c(\text{Cl}^-) = \dots\dots\dots$ mol/L (3 chiffres significatifs)
--

A_r : Na : 23,0 - Cl : 35,5 - Mg : 24,3 - S : 32,1 - O : 16,0

Un chimiste souhaite vérifier la teneur en vitamine C dans un comprimé de 500 mg.
La vitamine C, ou acide ascorbique, est présente dans les oranges, les citrons, les fruits et les légumes frais.
C'est aussi un antioxydant utilisé comme additif alimentaire sous le code E300.

PRINCIPE

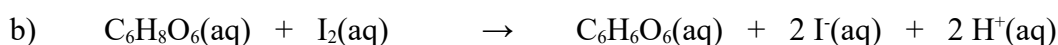
Le principe de l'analyse est celui d'un dosage en retour : l'acide ascorbique (vitamine C) est mis en présence d'un excès de solution aqueuse de diiode (I₂) avec lequel il réagit.
L'excès de diiode est ensuite dosé par une solution aqueuse de thiosulfate de sodium (Na₂S₂O₃).
La solution de thiosulfate de sodium est une solution de référence, une solution dont on connaît avec précision la concentration et qui va servir également à étalonner la solution de diiode.

EQUATIONS

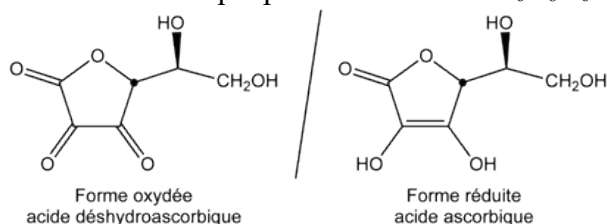
Les équations des réactions mises en œuvre sont les suivantes :



au cours de laquelle les ions thiosulfate sont transformés en ions tétrathionate (S₄O₆²⁻).



au cours de laquelle l'acide ascorbique passe de la forme C₆H₈O₆ à la forme C₆H₆O₆.



Source : http://wiki.scienceamusante.net/index.php/Acide_L-ascorbique

MODE OPERATOIRE

Matériel	Produits
1 bécher de 100 mL 1 bécher de 250 mL 1 ballon jaugé de 100 mL 1 ballon jaugé de 250 mL 2 ballons jaugés de 500 mL 1 burette graduée de 25 mL 1 pipette jaugée de 10 mL 1 erlenmeyer de 100 mL 1 erlenmeyer de 250 mL 1 balance	Solution de diiode Solution de thiosulfate de sodium Empois d'amidon Eau déminéralisée 1 comprimé de vitamine C 500 mg

Préparation de la solution aqueuse concentrée de thiosulfate de sodium

Une masse de 1,582 g de Na₂S₂O₃ est pesée et transférée dans un bécher de 100 mL.
De l'eau déminéralisée est ajoutée afin de dissoudre l'entièreté du solide.
La solution obtenue est transférée dans un ballon jaugé de 100 mL.
Le volume est complété au trait de jauge à l'aide d'eau déminéralisée et homogénéisé.

Préparation de la solution aqueuse diluée de thiosulfate de sodium

Un volume de 20,0 mL de la solution concentrée est prélevé à l'aide d'une pipette jaugée et versé dans un ballon jaugé de 500 mL. Le volume est complété au trait de jauge à l'aide d'eau déminéralisée et homogénéisé.

Etalonnage de la solution aqueuse de diiode

La solution de diiode a été préparée au préalable, de manière à obtenir une concentration d'environ $2,00 \cdot 10^{-3}$ mol/L ; elle a été placée dans un ballon jaugé de 250 mL.

Pour déterminer sa concentration exacte, 10,0 mL de la solution de diiode sont prélevés à l'aide d'une pipette jaugée et sont transférés dans un erlenmeyer de 100 mL.

Afin de visualiser la présence du diiode, 3 gouttes d'empois d'amidon sont ajoutées. Le mélange prend alors une coloration bleue.

Une burette graduée de 25,0 mL est remplie à l'aide de la solution diluée de thiosulfate de sodium.

A l'aide de cette burette, un ajout de solution diluée de thiosulfate de sodium est effectué jusqu'à disparition de la coloration bleue.

Le volume correspondant à la fin de la réaction est égal à 9,80 mL.

Dosage de l'acide ascorbique

Un comprimé de 500 mg, placé dans un bécher de 250 mL, est dissous dans 150 mL d'eau déminéralisée.

La solution obtenue est transférée dans un ballon jaugé de 500 mL.

Le volume est complété au trait de jauge à l'aide d'eau déminéralisée et homogénéisé.

10,0 mL de cette solution sont prélevés à l'aide d'une pipette jaugée et sont transférés dans un erlenmeyer de 250 mL.

25,0 mL de la solution de diiode sont alors ajoutés ainsi que 3 gouttes d'empois d'amidon. Le mélange est ensuite laissé à réagir pendant 5 minutes.

La burette graduée précédemment citée, sert maintenant au dosage de l'excès de diiode mis à réagir avec l'acide ascorbique.

Le volume correspondant au terme du dosage est égal à 13,0 mL.

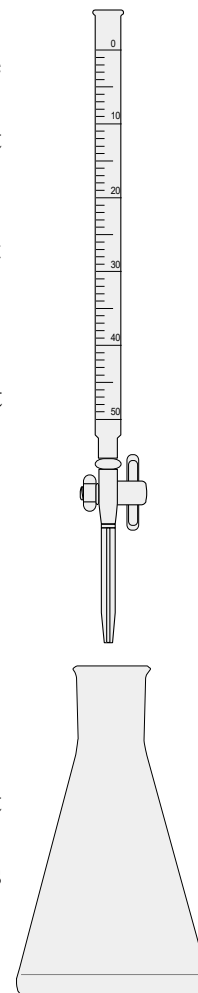
Déterminez la teneur en vitamine C du comprimé analysé.

Cette teneur sera exprimée en pourcentage massique.

RÉPONSE (25 pts) : Teneur = %

(3 chiffres significatifs)

A_r : H : 1,01 - Na : 23,0 - S : 32,1 - O : 16,0 - I : 127



Votre
numéro

Problème 4

Stoechiométrie - Dosage

25 points

PROBLÈME "BONUS" DESTINÉ À DÉPARTAGER LES EX-AEQUO

On dispose de 1,00 g d'un mélange de NH_4Cl et de KCl .

On désire connaître le pourcentage massique de chacun de ces deux constituants. Pour ce faire, on dissout cet échantillon dans de l'eau déminéralisée et on ajoute du AgNO_3 en excès. Le précipité obtenu est filtré, lavé et séché. La masse de précipité sec est de 2,17 g.

Calculez le pourcentage massique en KCl au sein du mélange.

RÉPONSE (10 pts) : % massique (KCl) = % (3 chiffres significatifs)

Ar : **H** : 1,01 - **N** : 14,0 - **Cl** : 35,5 - **K** : 39,1 - **Ag** : 108

BROUILLON



REPONSES AUX PROBLÈMES

Réponse valable mais erreur d'arrondi dans les calculs intermédiaires : - 2 points

Erreur d'arrondi sur la réponse finale : - 2 points

Erreur de chiffres significatifs sur la réponse finale : - 2 points

Problème 1 **Loi des gaz parfaits** **25 points**

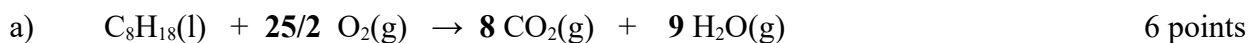
nombre de coups de pompe = a

$$pV = \text{cste} = 350 \times 2,50 = a (110 \times 0,575)$$

$$a = (350 \times 2,50) / (110 \times 0,575) = 15,07$$

nombre de coups de pompe = **15**

Problème 2 **Analyse pondérale** **25 points**



b) $m(\text{C}_8\text{H}_{18}) = 75000 \times 0,73 = 54750 \text{ g}$ 3 points

$$M(\text{C}_8\text{H}_{18}) = 114,18 \text{ g/mol} \quad \text{2 points}$$

$$n(\text{C}_8\text{H}_{18}) = 54750 / 114,18 = 479,506 \text{ mol} \quad \text{2 points}$$

$$n(\text{O}_2) = 25/2 \times 479,506 = 5993,83 \text{ mol} \quad \text{2 points}$$

$$V(\text{O}_2) = 5993,83 \times 22,4 = 134262 \text{ L} = \mathbf{134 \text{ m}^3} \quad \text{2 points}$$

c) $n(\text{CO}_2) = 8 \times 479,506 = 3836,05 \text{ mol}$ 2 points

$$M(\text{CO}_2) = 44,0 \text{ g/mol} \quad \text{2 points}$$

$$m(\text{CO}_2) \text{ totale} = 3836,05 \times 44,0 = 168786 \text{ g} \quad \text{2 points}$$

$$m(\text{CO}_2) \text{ par km} = 168786 / 100 = \mathbf{1688 \text{ g}} \quad \text{2 points}$$

Problème 3 **Stoechiométrie** **25 points**



b) $m(\text{eau de mer}) = 1,03 \times 1000 = \mathbf{1030 \text{ g}}$ 6 points

c) $m(\text{sel}) = 1030 \times 0,035 = 36,05 = \mathbf{36,1 \text{ g}}$ 6 points

d) $m(\text{NaCl}) \text{ par litre} = 0,77 \times 36,1 = 27,7585 \text{ g}$ 1 point

$$M(\text{NaCl}) = 58,5 \text{ g/mol} \quad \text{1 point}$$

$$c(\text{NaCl}) = 27,7585 / 58,5 = 0,474504 \text{ mol/L} \quad \text{1 point}$$

$$m(\text{MgCl}_2) \text{ par litre} = 0,10 \times 36,1 = 3,61 \text{ g} \quad \text{1 point}$$

$$M(\text{MgCl}_2) = 95,3 \text{ g/mol} \quad \text{1 point}$$

$$c(\text{MgCl}_2) = 3,61 / 95,3 = 0,0378804 \text{ mol/L} \quad \text{1 point}$$

$$c(\text{Cl}^-) = 0,474504 + 2 \times 0,0378804 = 0,550923 \text{ mol/L} = \mathbf{0,551 \text{ mol/L}} \quad \text{1 point}$$

**Problème 4****Atome et matière****25 points**

- a) $M(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 158,2 \text{ g/mol}$ 1 point
 $n(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 1,582 / 158,2 = 0,01 \text{ mol}$ 2 points
 $c(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) \text{ concentrée} = 0,1 \text{ mol/L}$ 2 points
 $c(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) \text{ diluée} = 0,1 / 25 = 0,004 \text{ mol/L}$ 2 points

Etalonnage I_2

$$c(\text{I}_2) = [(0,004 \times 9,80) / 10] / 2 = 0,00196 \text{ mol/L} \quad 3 \text{ points}$$

Dosage I_2 en excès

$$n(\text{I}_2) \text{ excès} = (0,004 \times 0,0130) / 2 = 0,000026 \text{ mol} \quad 2 \text{ points}$$

$$n(\text{I}_2) \text{ total} = (0,00196 \times 0,0250) = 0,000049 \text{ mol} \quad 2 \text{ points}$$

$$n(\text{I}_2) \text{ ayant réagi} = 0,000049 - 0,000026 = 0,000023 \text{ mol} \quad 2 \text{ points}$$

$$n(\text{vit C}) \text{ prise d'essai} = 0,000023 \text{ mol} \quad 2 \text{ points}$$

$$n(\text{vit C}) \text{ totale} = 50 \times 0,000023 = 0,00115 \text{ mol} \quad 2 \text{ points}$$

$$M(\text{vit C}) = 176,08 \text{ g/mol} \quad 1 \text{ point}$$

$$m(\text{vit C}) \text{ totale} = 176,08 \times 0,000575 = 0,202492 \text{ g} \quad 2 \text{ points}$$

$$\text{Teneur en vit C} = (0,202492 / 500) \times 100 = \mathbf{40,5 \%} \quad 2 \text{ points}$$

Problème 5 "Bonus"**Stoichiométrie****10 points**

$$m(\text{NH}_4\text{Cl}) + m(\text{KCl}) = 1,00 \text{ g}$$

$$m(\text{AgCl venant de NH}_4\text{Cl}) + m(\text{AgCl venant de KCl}) = 2,17 \text{ g}$$

$$[m(\text{NH}_4\text{Cl}) / M(\text{NH}_4\text{Cl})] + [m(\text{KCl}) / M(\text{KCl})] = 2,17 / M(\text{AgCl})$$

$$[m(\text{NH}_4\text{Cl})/53,54] + [m(\text{KCl})/74,6] = 2,17/143,5 = 0,0151220 \text{ mol de AgCl}$$

Remplaçons $m(\text{NH}_4\text{Cl})$ par $[1 - m(\text{KCl})]$; il vient :

$$[0,0186776 - 0,0186776 m(\text{KCl})] + [0,0134048 m(\text{KCl})] = 0,0151220$$

$$m(\text{KCl}) = 0,674642 \text{ g}$$

$$\% \text{ massique}(\text{KCl}) = [m(\text{KCl}) / m(\text{échantillon})] \times 100 = (0,672 / 1) \times 100 = 67,4343 \% \\ = \mathbf{67,4 \%}$$