

L'OLYMPIADE BELGE FRANCOPHONE DE CHIMIE

par R. CAHAY¹, A. DEMONCEAU², J. KINON-IDCZAK³ et L. MERCINY⁴

Un peu d'histoire

Depuis 1986, l'Association des Chimistes sortis de l'Université de Liège (A.C.Lg.) a pris en charge l'organisation de l'Olympiade belge francophone de Chimie. Si le but final est de sélectionner 2 élèves des Communautés Française et Germanophone de Belgique pour représenter la Belgique à l'Olympiade internationale de Chimie, le but premier est de stimuler les élèves du secondaire à acquérir des compétences en chimie.

Au départ, l'Olympiade ne concernait que les élèves de 6^e année de l'Enseignement secondaire. Depuis 1993 toutefois, pour impliquer un plus grand nombre d'élèves, les élèves de 5^e année ont aussi été invités à participer aux épreuves de l'Olympiade. Pour ces élèves, l'épreuve porte uniquement sur la matière des 3^e et 4^e années alors que pour les élèves de 6^e, les questions portent sur toute la matière du secondaire.

L'Olympiade francophone de chimie 2002

Une première épreuve de sélection a lieu au sein des écoles. Les professeurs reçoivent les questions, organisent l'épreuve dans leur école, corrigent les feuilles de réponses et renvoient les résultats de leurs élèves. Cette année, 1044 élèves (620 en 5^e et 424 en 6^e) se sont inscrits à la première épreuve organisée dans 92 écoles. Comme au moment de l'épreuve de sélection, les élèves de 6^e n'ont pas nécessairement vu toute la matière, ils peuvent choisir de répondre, soit à des questions de pH, soit à des questions d'oxydoréduction. Cette épreuve qualificative voudrait mesurer les performances moyennes en chimie des élèves francophones et germanophones de notre pays. Aussi les questions sont-elles d'un niveau accessible ne nécessitant pas (trop ?) de préparation.

Les élèves (95 en 5^e et 106 en 6^e) ayant obtenu au moins 75 % des points en 5^e et 65 % des points en 6^e ont ensuite été invités à participer à une épreuve « résolution de problèmes » dans une des 5 villes suivantes : Arlon, Bruxelles, Liège, Mons et Namur. Les élèves de 5^e année ont été classés en fonction de leurs résultats, très brillants par ailleurs.

Les lauréats de 5^e année

1. Wei HE de l'Athénée Royal d'Arlon (professeur : Michelle BAUDOUX)
Bruno TURCKSIN de l'Athénée Royal de Nivelles (professeur : Myriam VOGELS)
3. Cédric TROESSAERT de l'Institut Centre Ardennes de Libramont (professeur : Françoise GUELLUY)
Véronique JACQUES de l'Athénée Royal de Péruwelz (professeur : Richard DEMOUSTIER)
Pauline BUYSSE de l'Athénée Royal de Nivelles (professeur : Myriam VOGELS)
6. Jérôme NOEL de l'Athénée Royal de Nivelles (professeur : Myriam VOGELS)
7. Guillaume SCHWEICHER de l'Athénée Royal d'Arlon (professeur : Michelle BAUDOUX)
Dominik KOHNEN de l'Athénée Royal de Saint-Vith (professeur : Jean-Marc MONVILLE)
9. Pierre LEBAS de l'Athénée Royal Charles Rogier de Liège (professeur : Dominique BRIJAK)
Laetitia SAMPOUX de l'Athénée Royal de Nivelles (professeur : Myriam VOGELS)

La sélection pour l'Olympiade internationale de Chimie

Les élèves de 6^e année ayant obtenu les meilleurs scores ont été invités à participer à un stage d'une semaine à l'Université de Liège. Celui-ci se déroule traditionnellement pendant les vacances de Pâques. Cette année, le jury a retenu 10 élèves dont 6 (parmi lesquels 3 jeunes filles) ont rejoint le Sart-Tilman.

Lors du stage qui s'est déroulé du 8 au 12 avril dernier, les élèves ont eu l'occasion :

¹ Chargé de cours honoraire de l'Université de Liège.

² Chargé de cours à l'Université de Liège.

³ Présidente de l'Association des Chimistes sortis de l'Université de Liège (A.C.Lg.).

⁴ Professeur à l'Athénée Royal de Huy, « mentor » de la délégation belge francophone à Groningue.

- de faire du travail expérimental dans les laboratoires de l’Institut de chimie (recherche d’ions, titrages et dosages, synthèse d’un ester, initiation aux techniques de la chimie organique, …) ;
- de résoudre des problèmes portant sur l’électrochimie, le pH, la solubilité, la chimie nucléaire, la thermochimie et la chimie organique ;
- de participer à une série d’activités dont la visite de la Maison de la Science et celle de la nouvelle usine Bru à Chevron.

Les lauréats de 6^e année

À l’issue du stage, les élèves ont passé deux épreuves : un examen de laboratoire et un examen « résolution de problèmes théoriques ». Au terme de ces épreuves, les élèves se sont classés comme suit :

1. Lionel JOTTRAND de l’Athénée Royal de Nivelles (professeur : Myriam VOGELS)
2. Marie-Laure COLLIGNON de l’Athénée Royal « Air Pur » de Seraing (professeur : Viviane CLAESSEN)
3. Lara ZIRBES de l’Athénée Royal « Air Pur » de Seraing (professeur : Viviane CLAESSEN)
4. Stéphane BERTAGNOLIO de l’Athénée Royal « Air Pur » de Seraing (professeur : Viviane CLAESSEN)
5. Térence DELSATE de l’Institut Cardijn Lorraine d’Athus (professeur : Anne-Marie GOEVRY)
6. Amandine DENIS de l’Institut de l’Instruction Chrétienne (abbaye de Flône) (professeur : Françoise HIERNAUX)
7. Christophe MEUNIER du Collège Saint Guibert de Gembloux (professeur : Colette JORIS)
8. Kevin Mc EVOY du Collège du Christ Roi d’Ottignies (professeur : Martine DELVIGNE)
9. Marc de WERGIFOSSE du Collège Saint François-Xavier I de Verviers (professeur : Viviane DEMARTEAU)
10. Roland HUBAUX du Collège Saint Guibert de Gembloux (professeur : Colette JORIS).

Les deux premiers lauréats ont été sélectionnés pour représenter la Communauté française Wallonie-Bruxelles.

L’Olympiade internationale de Chimie

Les deux lauréats ont, avec deux élèves néerlandophones, représenté la Belgique à l’Olympiade internationale de Chimie qui s’est déroulée à Groningue aux Pays-Bas du 5 au 14 juillet dans une atmosphère très conviviale en bénéficiant d’une organisation sans faille.

Les deux représentants francophones, Lionel Jottrand et Marie-Laure Collignon, étaient accompagnés de Mesdames Josiane Kinon et Liliane Merciny.

Le thème développé cette année à Groningue, « Chimie et qualité de vie vont de pair », voulait démontrer que la chimie n’est pas seulement l’affaire des scientifiques mais fait partie intégrante de la vie quotidienne. Ainsi, les manipulations pratiques (synthèse d’un intermédiaire pharmaceutique à partir d’acides aminés, étude cinétique d’une hydrolyse enzymatique, dosage du fer dans un comprimé) comme l’examen théorique portaient sur les sujets : Chimie du Vivant, Chimie des Molécules Fonctionnelles Naturelles, Chimie et Industrie, Chimie et Energie, Chimie et Lumière.

Le niveau de difficulté des épreuves était particulièrement élevé et celles-ci faisaient appel à des savoirs et des techniques très poussés pour des étudiants sortant de l’enseignement secondaire. Citons à titre d’examples, l’examen de spectres UV-visibles et RMN, le calcul de l’énergie réticulaire d’un solide, l’étude des interactions dans les bicouches de liposomes, …

Même s’ils n’ont pas obtenu de médailles, nos deux candidats se sont classés très honorablement, Lionel Jottrand ayant obtenu plus de 55 % des points. Nous leur réitérons nos plus sincères félicitations ainsi qu’à leurs professeurs. Les résultats globaux sont publiés sur le site <http://www.chem.rug.nl/icho 34>.

Outre ces activités scientifiques, nos étudiants ont également participé à une foule d’autres activités, ludiques, sportives, culturelles et sociales, et sont finalement rentrés en Belgique enchantés de cette expérience inoubliable.

Une organisation collective

Pour assurer le succès de l'opération, il faut compter sur la bonne volonté et l'enthousiasme des professeurs du secondaire, de quelques professeurs, assistants et techniciens de l'Université de Liège, d'une série de chimistes de l'A.C.Lg., ainsi que sur le soutien financier de divers organismes comme la Communauté Française de Belgique, la Communauté Germanophone de Belgique, Solvay, Le Soir, UCB-Pharma, Prayon-Rupel, Les éditions De Boeck, Larcier, Tondeur, Walchim, Bruchim, BBL et la Société Royale de Chimie.

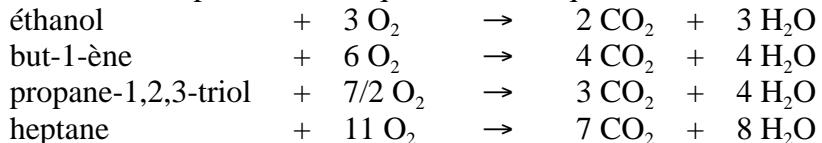
Chaque année, la Société Royale de Chimie remet un prix à des élèves de 6^e. Cette année, les lauréats ont été Marie-Laure Collignon et Lara Zirbes. Nous tenons par la présente à exprimer notre profonde gratitude aux généreux mécènes, ainsi qu'à toutes celles et tous ceux qui, à l'Université et dans les écoles, contribuent à l'organisation et au succès de l'Olympiade.

Des exemples de questions⁵

Pour vous permettre d'apprécier le niveau des questions, vous trouverez ci-après deux questions de la première épreuve (pour les élèves de 5^e et de 6^e), un problème de la demi-finale (pour les élèves de 6^e) ainsi que l'adresse du site Internet de l'Olympiade internationale de Chimie reprenant les problèmes préparatoires proposés par les comités d'organisation des éditions précédentes.

Deux questions posées en 5^e lors de la première épreuve⁶

1. (8 points) Les équations chimiques suivantes sont associées à la combustion de quelques substances. A partir de ces équations chimiques, déterminez la formule de ces substances :



Formules

- de l'éthanol :
- du but-1-ène :
- du propane-1,2,3-triol :
- de l'heptane :

2. (10 points) Le plasma sanguin

Voici quelques-uns des constituants inorganiques du plasma sanguin d'un adulte. Complétez le tableau.

Ions	c (mmol.L ⁻¹)	Formule	Quantité de matière (en mol) dans 200 mL	Masse (en g) dans 200 mL
sodium	142			
potassium	4,10			
chlorure	101			
hydrogénocarbonate	27			

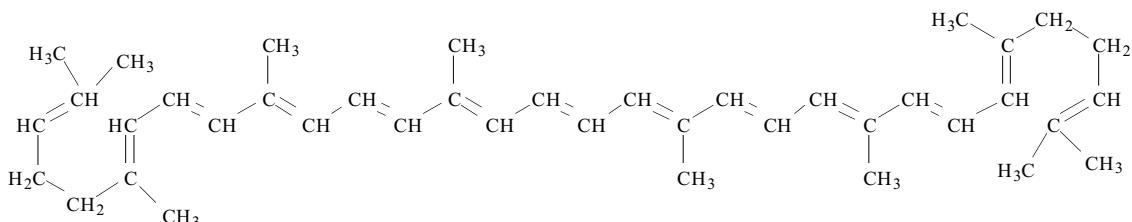
⁵ Les questions de la première épreuve étaient cotées sur un total de 100 points, que ce soit en 5^e ou en 6^e. Les problèmes de la deuxième épreuve étaient aussi cotés sur 100 points.

Deux questions posées en 6^e lors de la première épreuve⁷

1. (15 points)

Les polyènes

Les hydrocarbures insaturés possédant plusieurs liaisons doubles C=C, les polyènes, sont des substances importantes. Certains sont d'origine naturelle. Beaucoup sont des produits intensément colorés. C'est le cas du lycopène, dont la formule moléculaire est C₄₀H₅₆. Ce polyène comportant 13 liaisons doubles C=C confère aux tomates leur couleur rouge intense. Sa formule de structure est la suivante :



On remarquera que le squelette carboné du lycopène est constitué d'un assemblage répétitif d'unités à 5 carbones. Cette unité est représentée ci-dessous sous la forme d'un squelette carboné qui fait abstraction des types de liaison entre ces carbones ainsi que des hydrogènes qu'ils portent.

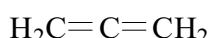


Ce squelette carboné de base est appelé « unité isoprénique », par référence au nom « isoprène », nom commun du 2-méthylbuta-1,3-diène, qui possède précisément le squelette carboné représenté ci-dessus. De tels assemblages d'unités isopréniques sont communs à de nombreuses substances naturelles appelées terpènes.

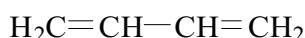
L'industrie produit de nombreux polyènes, souvent à chaîne plus courte. Ce sont des substances de départ ou des intermédiaires très utiles en synthèse organique.

Les polyènes les plus simples, les diènes, comportent deux liaisons doubles C=C. Cette particularité est à l'origine de leur appellation. Parmi ces diènes, les chimistes distinguent principalement :

1) les allènes, dont les liaisons doubles possèdent un atome de carbone commun (on dit qu'elles sont « cumulées »). L'allène le plus simple est le propadiène :



2) les diènes conjugués, dont l'exemple le plus simple est le buta-1,3-diène :



Des liaisons doubles sont dites « conjuguées » lorsqu'elles sont séparées les unes des autres par une et une seule liaison simple C-C.

3) les diènes à liaisons doubles isolées, dont l'exemple le plus simple est le penta-1,4-diène :



Des liaisons doubles sont dites « isolées » lorsqu'elles sont séparées les unes des autres par au moins deux liaisons simples C-C.

⁶ J.C. DUPONT, D. GRANATOROWICZ, J. KINON-IDCZAK, G. KROONEN-JENNES, V. LONNAY, R. MOUTON-LEJEUNE, Olympiade francophone de chimie 2002, Niveau I (élèves de cinquième), Bulletin de l'Association belge des Professeurs de Physique et de Chimie, n° 153, 155 – 162, avril-mai-juin 2002.

⁷ R. CAHAY, A. CORNELIS, A. DEMONCEAU, V. FRANCART, J. FURNEMONT, R. HULS, M. HUSQUINET-PETIT, G. KROONEN-JENNES, L. MERCINY, R. MOUTON-LEJEUNE, Olympiade francophone de chimie 2002, Niveau II (élèves de sixième), Bulletin de l'Association belge des Professeurs de Physique et de Chimie, n° 153, 163 – 183, avril-mai-juin 2002.

Les caractéristiques structurales qui viennent d'être évoquées ne se limitent pas aux seuls diènes. On en rencontre les équivalents (généralisés à un plus grand nombre de liaisons C=C) dans les polyènes supérieurs. Les colorations intenses dont il a été fait état plus haut sont souvent liées à la présence d'une succession ininterrompue de nombreuses liaisons doubles mutuellement conjuguées.

N.B. On appelle formule brute la formule donnant les proportions des différents éléments avec les coefficients stœchiométriques les plus petits possibles ; la formule moléculaire, par contre, donne le nombre exact de chaque type d'atomes.

Questions sur les polyènes

- 1) (2 points) : Ecrire la formule moléculaire d'un diène non cyclique possédant 6 carbones.
 - 2) (3x2 = 6 points) : La question 1 portait sur la formule moléculaire d'un diène non cyclique à six atomes de carbone. Représenter maintenant la formule semi-développée d'un tel diène non cyclique à six atomes de carbone de chacune des catégories évoquées plus haut (allène, diène conjugué, diène à liaisons doubles isolées).
 - 2a) (2points) : Formule semi-développée d'un allène à 6 atomes de carbone.
 - 2b) (2points) : Formule semi-développée d'un diène conjugué à 6 atomes de carbone.
 - 2c) (2points) : Formule semi-développée d'un diène à liaisons doubles isolées à 6 atomes de carbone.
 - 3) (2 points) : La formule moléculaire demandée à la question 1 est aussi celle d'autres hydrocarbures que les diènes non cycliques. Proposer une structure à la fois non cyclique et sans liaison double C=C répondant à la même formule moléculaire :
 - 4) (1 point) : Combien de liaisons doubles « cumulées » le lycopène possède-t-il ?
 - 5) (1 point) : Combien de liaisons doubles « conjuguées » le lycopène possède-t-il ?
 - 6) (1 point) : Combien de liaisons doubles « isolées » le lycopène possède-t-il ?
 - 7) (1 point) : Quelle serait la formule moléculaire de l'hydrocarbure saturé correspondant au lycopène ?
 - 8) (1 point) : Quelle est la formule semi-développée de l'isoprène ?
-

2. ⁸ (6 points)

Le rendement de la réaction entre le dioxygène et le diazote de l'atmosphère, dans les conditions normales de température et de pression, est extrêmement faible.

Quelle proposition explique le mieux ce fait ? Entourer la lettre correspondant à la bonne réponse.

- a) La concentration de l'air en dioxygène est beaucoup plus faible que sa concentration en diazote.
- b) La fréquence des collisions entre les molécules de diazote et les molécules de dioxygène est plus faible que la fréquence des collisions entre molécules de diazote.
- c) La masse molaire du diazote est inférieure à celle du dioxygène.
- d) Il y a très peu de molécules de dioxygène et de diazote qui ont une énergie suffisante pour réagir
- e) Aucune des propositions précédentes n'est correcte.

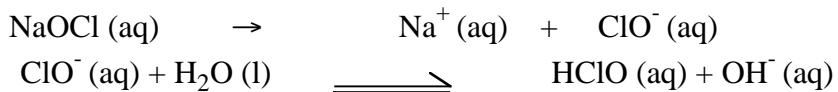
Un problème posé lors de la demi-finale aux élèves de 6^e
CHIMIE INORGANIQUE, STŒCHIOMÉTRIE (20 points)

À l'occasion d'accidents survenus dans les piscines, le chlore est régulièrement mis en cause⁹. En fait, dans les piscines, on ajoute souvent de l'hypochlorite de sodium, NaClO, qui agit comme désinfectant et oxydant.

Comme oxydant, l'hypochlorite de sodium détruit certaines substances indésirables dissoutes dans l'eau de piscine et amenées par les baigneurs (transpiration, urine, restes de savons, ...). Comme désinfectant, on l'ajoute pour tuer les bactéries. Les réactions qui ont lieu peuvent être décrites par les équations : $H_2O(l)$

⁸ Baccalauréat International, Chemistry Standard Level, Paper 1, p.5, mai 2001.

⁹ Les informations sont extraites de la brochure « Produits chimiques en piscines », Documentation Solvay ; voir aussi l'article « Réactifs chimiques en piscines » paru dans le Bulletin de l'ABPPC, n° 150, 155 - 164, juillet 2001.



La constante d'acidité K_a de l'acide hypochloreux vaut $10^{-7,5}$ (mol.L⁻¹).

L'acide hypochloreux dérègle le métabolisme des bactéries et provoque leur mort ; il exerce un effet désinfectant réel à l'opposé des ions ClO^- (aq). La concentration en HClO sera donc maintenue la plus élevée possible lors de l'usage de l'hypochlorite de sodium en piscine.

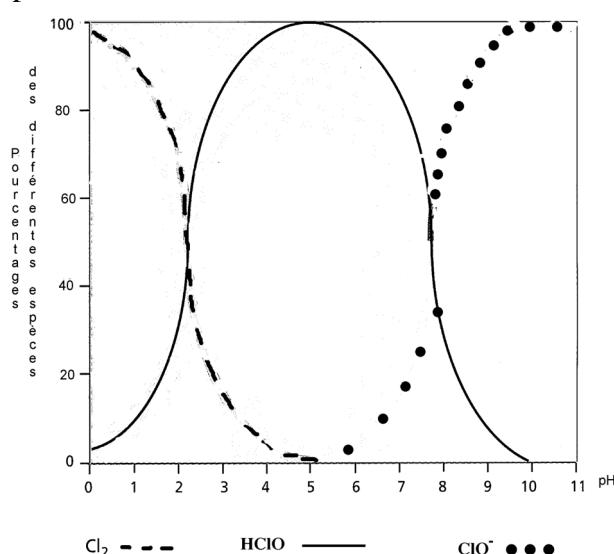
L'acide hypochloreux est aussi appelé « chlore actif libre »

A. En milieu acide, en présence d'ions Cl^- , les ions ClO^- donnent lieu à la formation de dichlore, Cl_2 suivant la réaction : $\text{ClO}^- \text{(aq)} + \text{Cl}^- \text{(aq)} + \dots \rightarrow \text{Cl}_2 \text{(g)} + \dots$
Equilibrer l'équation.

B. Le dégagement accidentel de dichlore gazeux est généralement à l'origine des problèmes de suffocation survenus en piscine.

Le contrôle du pH de l'eau des piscines est donc absolument indispensable.

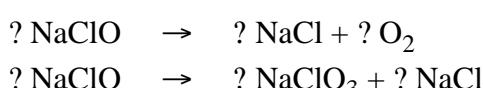
La figure ci-après montre l'évolution des pourcentages des espèces HClO (aq), ClO^- (aq) et Cl_2 (aq) en fonction du pH.



En se référant au graphique,

- Dans quelle zone de pH les ions ClO^- (aq) existent-ils ?
- Dans quelle zone de pH se forme-t-il du dichlore ?
- Dans quelle zone de pH y a-t-il plus de 50 % d'acide hypochloreux HClO, « chlore actif libre » ?
- Dans les piscines, on désire que 50 à 75 % du chlore soit sous forme de HClO. En tenant compte des réactions possibles, quelle est la zone de pH optimale dans laquelle il faut se situer ?

C. Dans le manuel d'utilisation, on note que l'hypochlorite de sodium peut aussi donner lieu à des réactions de décomposition qui dépendent de divers facteurs (température, lumière, concentration, ...)



Equilibrer les deux équations.

D. Un excès de « chlore actif libre » dans l'eau des piscines peut être rectifié par décomposition à l'aide soit de sulfite de sodium, soit de thiosulfate de sodium.

Dans le manuel d'utilisation de l'hypochlorite de sodium, on lit qu'il faut ajouter environ 1 kg de sulfite de sodium anhydre pour décomposer 410 g de « chlore actif libre »

Dans la réaction du « chlore actif libre » avec le sulfite de sodium,

- a) Quel est l'oxydant ?
- b) Quel est le réducteur ?
- c) Ecrire la demi-équation ionique de réduction.
- d) Ecrire la demi-équation ionique d'oxydation.
- e) Ecrire l'équation ionique bilan.
- f) Vérifier par calcul qu'il faut bien approximativement 1 kg de sulfite de sodium pour transformer 410 grammes de HClO en Cl^- .

E. Une piscine de 750 m^3 d'eau a une teneur en « chlore actif libre» de $3,5 \text{ mg/L}$ et il faut ramener cette teneur à $1,5 \text{ mg/L}$. Quelle masse de sulfite de sodium faudra-t-il ajouter ?

LES QUESTIONS DES OLYMPIADES INTERNATIONALES

Si vous souhaitez trouver des questions pour élargir vos horizons et votre stock, nous vous invitons à consulter le site Internet de l'Olympiade de Chimie : <http://www.chem.rug.nl/icho34>. Vous pouvez aussi trouver sur les sites des dernières olympiades les problèmes posés lors des différentes épreuves.

Si d'autre part, dans votre vie professionnelle, vous avez rencontré des problèmes pratiques ou théoriques qui pourraient faire l'objet de questions ancrées dans la réalité quotidienne ou industrielle, nous vous invitons à nous en faire part. Cela nous permettra de renouveler et de réactualiser notre stock de questions. Nous vous en remercions d'avance.