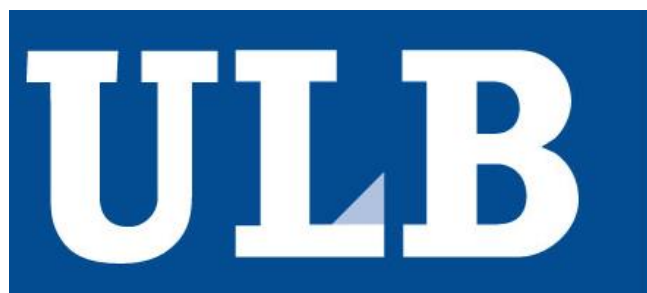


Projet de communication scientifique
CHIM-F-328

Les différents changements de couleur en
chimie

PRINTEMPS DES SCIENCES

20-26 Mars 2023



UNIVERSITÉ
LIBRE
DE BRUXELLES

Groupe EXPO3

Etudiants : *Togay AMAN, Léonard MAXIMILIEN,*
Lucie DE JONG, Sébastien TENE FOSTO

Encadrant : *GONZE Didier*

1. Introduction

Cette année le thème du printemps des sciences était la diversité. La chimie regorge de réactions très diverses, c'est pourquoi nous avons décidé de présenter des substances différentes (un solide et deux solutions) ayant pour point commun de montrer un changement de couleur suite à différentes modifications chimiques.

2. Manipulations

2.1. Oxydoréduction : Réaction du feu rouge⁽¹⁾

La première réaction est la réaction dite « du feu rouge », se manifestant par un changement séquentiel de couleurs : vert, rouge et jaune. La solution change de couleur en étant agitée : elle est jaune au repos, rouge en étant légèrement agitée et vert en agitant fort (*Figure 1*).

C'est une solution basique composée de carmin d'indigo, une molécule ayant trois états d'oxydation, chacun de couleur différente, et de glucose capable de réduire le carmin d'indigo. En agitant, un peu de l'air rentre en solution. L'oxygène de l'air va oxyder une première puis une deuxième fois le carmin d'indigo, provoquant les changements de couleur vers le rouge et puis vers le vert. En laissant la solution au repos, le glucose réduit complètement le carmin d'indigo et le fait revenir au rouge et puis au jaune.

La réaction n'étant pas instantanée, la solution va également passer par des couleurs intermédiaires dues au mélange des différents états d'oxydation : orange entre jaune et rouge, et bordeaux entre rouge et vert, ce qui fait un total de 5 couleurs par lesquelles elle passe.

Ces couleurs peuvent être modifiées en baissant le pH. En le passant de 13,3 à 12, la solution adoptera les couleurs bleu, mauve, rose, orange et enfin jaune une fois le carmin d'indigo complètement réduit.



Figure 1 : Réaction du feu rouge : les différentes couleurs des différents états d'oxydation du carmin d'indigo en milieu basique (de gauche à droite : du plus oxydé au plus réduit)

2.2. Réaction oscillante : Briggs-Rauscher⁽²⁾

La deuxième réaction présentée est une réaction oscillante : une réaction avec des changements périodiques de concentrations, ce qui peut donner des changements de couleur. La réaction de

Briggs-Rauscher devient, bleue, incolore, orange puis revient au bleu, et forme ainsi une dizaine de boucles de quelques secondes, avant de s'arrêter faute de réactif (**Figure 2**).

Cette solution contient de l'iode dont la concentration oscille : il est tour à tour produit (à partir d'iodate et d'iodure) puis réduit (par de l'acide malonique et du peroxyde d'hydrogène). La solution contient également de l'amidon qui est un indicateur coloré : il est bleu en présence d'iode et incolore en son absence.



Figure 2 : Les trois couleurs par lesquelles passent la réaction de Briggs-Rauscher

2.3. Thermochrome : tétrachlorocuprate de diéthylammonium ⁽³⁾

Le tétrachlorocuprate est un solide émeraude à température ambiante, et jaune si on le chauffe au-delà de 52°C (**Figure 3**). Ces produits qui changent de couleurs selon la température s'appellent des thermochromes.

Le tétrachlorocuprate est composé d'un cation de cuivre (II) et de quatre atomes de chlore qui peuvent s'agencer de deux manières autour du cuivre. Ils peuvent former un carré et la molécule apparaît alors émeraude, ou un tétraèdre ce qui donnera du jaune (**Figure 3**). Le changement de conformation change les niveaux d'énergies électroniques des différentes orbitales moléculaires, ce qui fait que la molécule absorbe à une autre longueur d'onde, et apparaissent d'une autre couleur.

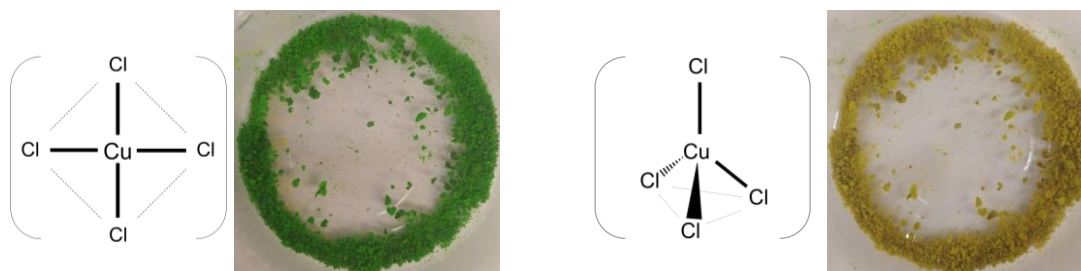


Figure 3 : photos de tétrachlorocuprate de diéthylammonium dans ses deux couleurs : émeraude (20°C) et jaune (60°C), avec à gauche la conformation correspondante

3. Conclusion

Ces trois solutions montrent qu'il existe bien des manières différentes d'obtenir un changement de couleur d'une substance, résultant de différents procédés chimiques (oxydoréduction, changement de conformation ...).

4. Annexe A : Protocoles

4.1. Oxydoréduction : Réaction du feu rouge⁽¹⁾

Matériel : 1 bécher de 50 ml

1 matras de 100 ml

1 matras de 50 ml

1 pipette de 20 ml

1 pipette de 10 ml

1 erlenmeyer de 250 ml

Produit : NaOH 1 M

Glucose

Carmin d'indigo

- Tout d'abord, prélever 20 ml d'une solution 1M de NaOH et les mettre dans un matras de 100 ml. Remplir jusqu'au trait avec de l'eau distillée. Mélanger la solution en retournant plusieurs fois le matras après l'avoir correctement bouché.

Peser 2 g de glucose et les mettre dans un erlenmeyer de 250 ml.

Rajouter la solution de NaOH dans l'erlenmeyer avec le glucose et agiter jusqu'à dissolution complète.

- D'un autre côté, dans un petit bécher, peser 0,02 g de carmin d'indigo et ajouter ensuite dans le bécher 10 ml d'eau distillée. Agiter gentiment jusqu'à dissolution complète.

Mettre la solution de carmin d'indigo dans un matras de 50 ml et nettoyer le petit bécher en remettant 2-3 fois un peu d'eau dedans, remuant puis versant l'eau dans le matras. Remplir le matras jusqu'au trait avec de l'eau distillée et mélanger la solution en retournant plusieurs fois le matras après l'avoir correctement bouché.

À l'aide d'un verre à pied, prendre 10 ml de solution de carmin d'indigo.

- Ajouter les 10 ml de carmin d'indigo à la solution de NaOH et glucose. Agiter un tout petit peu pour homogénéiser puis déposer la solution et la laisser sans aucune agitation.

- En ajoutant le carmin d'indigo, la solution devrait prendre immédiatement une couleur verte. Après 2-3 minutes sans agitation, celle-ci doit devenir bordeaux puis rouge, et après encore 2 minutes, orange puis jaune.

Une fois jaune, agiter lentement : la solution devrait reprendre la couleur orange puis rouge. En agitant plus fort, elle revient au bordeaux et enfin au vert. Pour la faire revenir au jaune, il suffit de la laisser au repos.

- Il est possible ainsi de faire devenir verte la solution jusqu'à une dizaine de fois avant qu'elle ne prenne une couleur jaune invariante selon l'agitation. Pour relancer la réaction, ajouter à nouveau 10 ml avec le verre à pied de solution de carmin d'indigo.

4.1. Réaction oscillante : Briggs Rauscher⁽⁴⁾

Matériel : 4 béchers de 50 ml

5 matras de 100 ml

1 matras de 200 ml

Un verre à pied de 100 ml

1 pipette capable de mesurer 1,6 ml

1 pipette de 2 ml

3 pipettes de 5 ml

2 pipettes de 10 ml

Agitateur magnétique chauffant

Produit : H₂SO₄ concentré (95-97%)

H₂O₂ 30%

KIO₃

MnSO₄

Acide malonique

Amidon

Expérience :

Pour réaliser cette expérience, 5 solutions doivent être préparées :

- 1) 200 ml de H_2SO_4 0,15 M et de KIO_3 0,21 M :

Peser 9,176 g d'iodate de potassium dans un petit bécher de 50 ml. Ajouter un peu d'eau distillée dans ce bécher et remuer pour mettre un maximum de solide en suspension. Verser l'eau dans un matras de 200 ml. Remettre ainsi 2-3 fois de l'eau distillée dans le bécher, mélanger et verser pour être sûr de récupérer un maximum de solide dans le matras.

Prélever 1,6 ml d'acide sulfurique concentré (95-97%) à l'aide d'une pipette et les mettre dans le matras. Remplir le matras jusqu'au trait d'eau distillée, refermer à l'aide d'un bouchon et agiter en retournant complètement le matras jusqu'à dissolution complète du solide.

- 2) 100 ml de MnSO_4 0,043 M :

Peser 0,725 g de sulfate de manganèse (II) monohydraté dans un petit bécher de 50 ml. Mettre un peu d'eau dans le bécher un remuer jusqu'à dissolution complète du solide. Verser la solution dans un matras de 100 ml, et nettoyer le petit bécher en remettant 2-3 fois un peu d'eau dedans, remuant puis versant l'eau dans le matras. Remplir le matras jusqu'au trait avec de l'eau distillée et mélanger la solution en retournant plusieurs fois le matras après l'avoir correctement bouché.

- 3) 100 ml de $\text{HOOC-CH}_2\text{-COOH}$ 0,32 M :

Peser 3,330 g d'acide malonique dans un petit bécher de 50 ml. Dissoudre l'acide malonique dans 100 ml d'eau distillée selon la même procédure que pour la solution 2.

- 4) 100 ml d'amidon 0,5% :

Peser 0,5 g d'amidon sur du papier de pesée, puis mettre cet amidon dans un erlenmeyer de 250 ml. Rajouter 100 ml d'eau distillée à l'aide d'un verre à pied. Mettre la solution sous agitation magnétique et chauffer à 80-90°C pendant une à deux heures, jusqu'à dissolution complète de l'amidon.

- 5) 100 ml de H_2O_2 8.32 M :

À l'aide d'un verre à pied, prélever 85 ml de peroxyde d'hydrogène 30% et les mettre dans un matras de 100 ml. Remplir le matras jusqu'au trait avec de l'eau distillée et mélanger la solution en retournant plusieurs fois le matras après l'avoir correctement bouché.

Dans un bécher A, mettre 10 ml de la solution (1) prélevé à la pipette.

Dans un bécher B, mélanger 5 ml de la solution (2), 5 ml de la solution (3) et 2 ml de la solution (4), chaque volume prélevé à la pipette.

Dans un dernier bécher C, mettre 10 ml de solution (5) prélevés à la pipette.

Ajoutez le contenu du bécher 2 dans le bécher 1, puis ajouter le bécher 3 au mélange. Des oscillations apparaissent presque instantanément.

4.1. Thermochrome : tétrachlorocuprate de diméthylammonium ⁽³⁾

Matériel : 2 erlenmeyers de 250 ml

1 bécher de 500 ml

1 bécher de 1 l

2 verre à pied

Agitateur magnétique chauffant

Buchner

1 erlenmeyer à tubulure latéral

Pompe à vide

1 pot en verre

1 dessiccateur

Produit : Chlorure de diethylammonium

Chlorure de cuivre (II)

Isopropanol

Ethanol déshydraté

Glace pillée

Peser sur du papier pesé 2,2 g de diethylammonium, les mettre dans un erlenmeyer de 250 ml.

Ajouter 15 ml d'isopropanol mesuré au verre à pied.

Peser sur du papier pesé 1,7 g de diethylammonium, les mettre dans un erlenmeyer de 250 ml.

Ajouter 3 ml d'éthanol déshydraté mesuré au verre à pied.

Pour réussir à complètement dissoudre les solides, chauffer gentiment (40°-50°C) en couvrant avec un verre de montre les erlenmeyers et laisser les solutions agiter pendant à peu près une demi-heure. Si nécessaire, rajouter un peu de solvant.

Mettre le contenu des deux erlenmeyers dans un bécher de 500 ml et mélanger. Faites évaporer le solvant jusqu'à diminuer de moitié le volume de solution en laissant agiter et chauffant à 60°C sans recouvrir.

Laissez la solution refroidir à l'air libre pendant 10 minutes, puis en mettant le bécher dans de la glace 15 minutes.

Un solide vert se forme, filtrez ce solide sous vide à l'aide d'un Buchner mine d'un caoutchouc, d'une pompe à vide et d'un erlenmeyer à tubulure latéral. Nettoyer le solide en versant un peu d'isopropanol dessus alors qu'il se trouve toujours dans le Buchner et sous vide.

Récupérer le solide avec une cuillère un le mettre dans un pot en verre et recouvrir avec un filtre troué, maintenu par un élastique. Placer le tout dans un dessiccateur et laisser au moins 24h.

5. Annexe B : Bibliographie

- (1) A. Villanueva, J. Ruskin, M. Polen, H. White, & P. King. (2020). Kinetics of the traffic light reaction : Complex and poorly defined system. ACS Spring 2020 National Meeting & Expo. Mar 22-26, 2020. <https://doi.org/10.1021/scimeetings.0c00849>
- (2) Z. Li, L. Yuan, M. Liu, Z. Cheng, J. Zheng, I. R. Epstein, & Qingyu Gao. (2021). The Briggs–Rauscher Reaction : A Demonstration of Sequential Spatiotemporal Patterns. *J. Chem. Educ.* 2021, 98, 2, 665–668. Publication Date : December 2, 2020. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00892>
- (3) S. Choi, & J. A. Larrabee. (1989). Thermochromic Tetrachlorocuprate(II) : An Advanced Integrated Laboratory Experiment. *J. Chem. Educ.* 1989, 66, 9, 774. Publication Date : September 1, 1989. <https://doi.org/10.1021/ed066p774>
- (4) S. D. Furrow. (2012). A Modified Recipe and Variations for the Briggs–Rauscher Oscillating Reaction. *J. Chem. Educ.* 2012, 89, 11, 1421–1424. Publication Date : September 4, 2012. <https://doi.org/10.1021/ed200764r>.