

Des activités à la maison pour développer les compétences scientifiques ?

La période de confinement que les établissements d'enseignement supérieur viennent de vivre a conduit à différentes formes de continuité pédagogique dont les modalités restaient à l'appréciation de chaque établissement. Si la continuité relationnelle a globalement pu être assurée, les formations ont été tellement modifiées dans leur forme que l'équivalence pédagogique de ces nouvelles modalités doit encore être évaluée en profondeur pour juger de l'efficacité de la formation distancielle qui a été mise en œuvre.

Quels que soient les résultats des études à venir, cet événement doit aussi être une invitation à une réflexion de fond sur les objectifs des formations et les modalités pédagogiques proposées afin de les atteindre. Par exemple, en tant qu'enseignant, nous rencontrons souvent des difficultés pour former nos étudiants à la démarche scientifique, démarche que nous avons du mal à travailler au regard du faible temps qui peut être consacré aux activités expérimentales dans les établissements de formation. Deux articles très récents de *L'Actualité Chimique* [1] proposaient de développer des outils pour l'analyse physico-chimique à l'aide de microcontrôleur type Arduino, et soulignaient le très faible coût associé à ces objets (moins de 10 € pour un colorimètre à trois longueurs d'onde). Si des activités expérimentales conduisant à l'élaboration et à l'usage de ces outils peuvent être proposées dans les établissements de formation en présence des enseignants, ne pourrait-on pas envisager d'élaborer ces outils et de les utiliser en l'absence d'enseignant, voire même dans d'autres lieux, tout en menant une véritable démarche scientifique d'investigation avec des produits de la vie courante et des outils à très faible coût ? Avec des matériels et des produits qui sont aisément disponibles et permettent d'opérer dans des conditions de sécurité où les risques sont minimisés, s'ouvrent de nouvelles opportunités pédagogiques orientées autour d'une pédagogie de projet mobilisant nombre de concepts pertinents pour le chimiste.

Une étude cinétique quantitative

Parmi les concepts fondamentaux, la cinétique chimique apparaît dès le lycée pour prendre des formes plus quantitatives au fur et à mesure de la progression dans les formations. Dans ce domaine, les réactions d'oxydation de colorants alimentaires par l'eau de javel peuvent être réalisées très simplement à la maison, et une étude cinétique complète peut être mise en œuvre via des mesures colorimétriques. Les sirops de menthe que l'on trouve dans le commerce contiennent deux colorants : un colorant bleu (souvent du bleu brillant E133) et un colorant jaune (souvent un caramel E150a), et le suivi de l'absorbance avec un colorimètre trois couleurs sur la base d'un microcontrôleur Arduino peut donc être envisagé. La situation pédagogique proposée se présente alors de façon très succincte, et bien sûr, sa formalisation dépendra des objectifs et du positionnement dans la séquence pédagogique, mais elle peut toujours se présenter

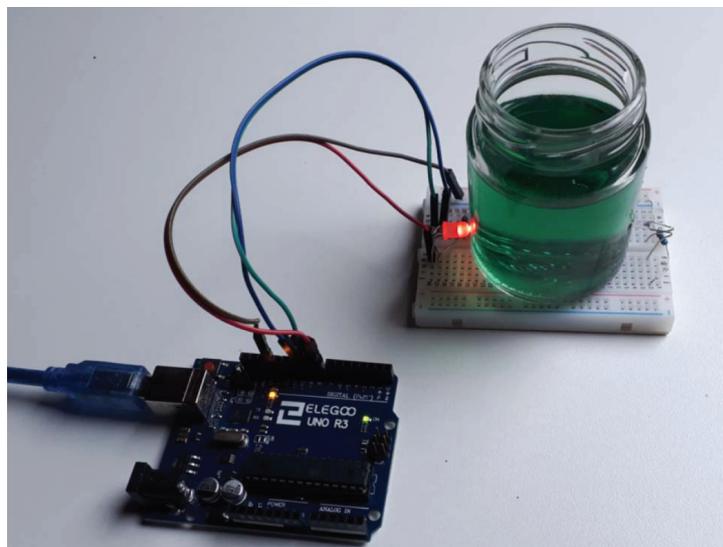


Figure 1 - Colorimètre LED-Arduino-photodiode trois couleurs utilisé pour l'étude de la cinétique de disparition des colorants dans un sirop de menthe.

sous la forme d'un défi orienté vers la mesure et la modélisation de la vitesse de disparition des colorants d'un sirop lors de leur réaction avec les ions hypochlorite (la durée de la transformation devra être inférieure à 3 minutes). Matériel à disposition : un microcontrôleur Arduino, quelques résistances, une photodiode, une LED trois couleurs, une platine pour construire un colorimètre [1] et des produits que l'on trouve à la maison (sirop et berlingot de javel).

Le premier défi à relever par les étudiants consiste à trouver des conditions expérimentales qui permettent d'une part d'être en capacité de réaliser des mesures pour retrouver les concentrations des composés, et d'autre part d'avoir une durée d'expérience de l'ordre de 2 à 3 minutes. Différents critères devront alors être pris en compte, qui sont fortement associés à des compétences scientifiques :

- Choix de la longueur d'onde de mesure pour que le signal mesuré soit proportionnel à un seul composé en solution.
- Choix de la concentration en colorant (sirop de menthe) pour que le signal soit mesurable et assorti d'une incertitude acceptable.
- Choix de la concentration de l'eau de javel, largement supérieure à celle du colorant.
- Choix de la concentration de l'eau de javel pour que l'expérience dure environ 2 minutes.
- Choix et éventuellement régulation de la température de l'expérience.

Un exemple de vidéo correspondant à ce type d'expérience est consultable en ligne [2], et les données expérimentales obtenues avec un colorimètre LED-Arduino-photodiode trois couleurs (figure 1) sont aussi présentées sur la page web. Il apparaît sur la vidéo que la coloration verte initialement observée évolue vers le jaune, la disparition du colorant bleu étant plus rapide que la disparition du colorant jaune.

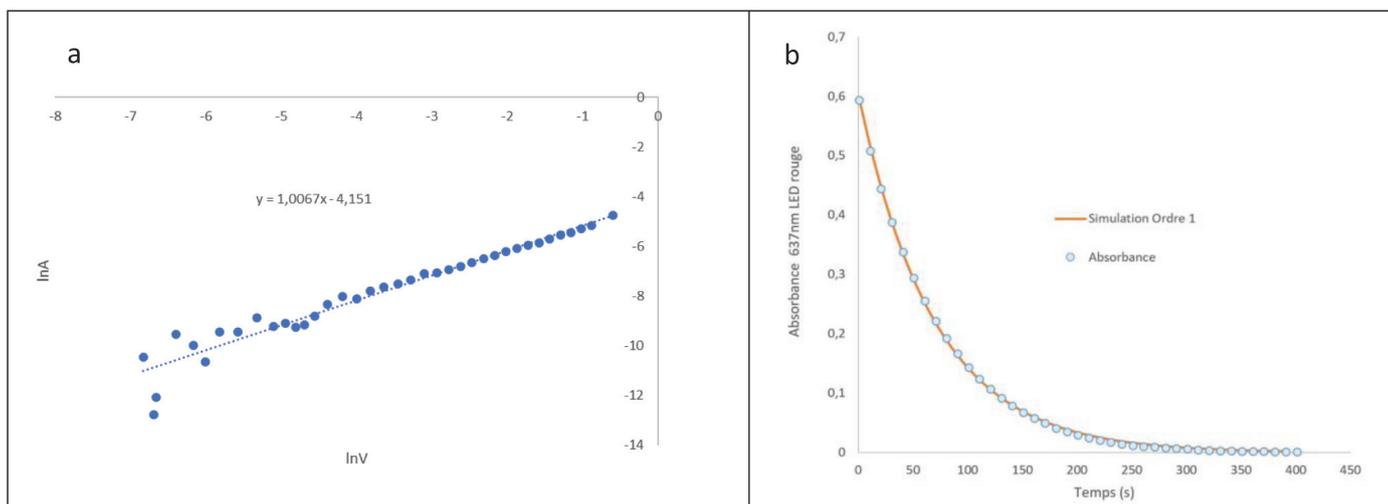


Figure 2 - Traitement des données d'absorbance obtenues avec une diode électroluminescente rouge (627 nm) lors de l'oxydation par l'eau de javel des colorants présents dans un sirop de menthe. La pente de la droite de la figure a donne l'ordre de la réaction par rapport au colorant bleu (ordre 1), l'ordonnée à l'origine permet de remonter à la constante de vitesse apparente. La figure b montre la modélisation d'une cinétique d'ordre 1 correspondante, confrontée aux données expérimentales d'absorbance.

Le deuxième défi est associé au traitement des données obtenues, et il pourra être montré que pour le bleu brillant, une cinétique d'oxydation suivant une loi d'ordre 1 est observée (figure 2).

L'oxydation du caramel E150a est quant à elle un phénomène certainement beaucoup plus complexe. Il peut être observé une décroissance rapide de l'absorbance à 472 nm, puis une décroissance plus lente suggérant deux réactions différentes. La même expérience réalisée avec un sirop de menthe d'une autre marque commerciale peut conduire à des résultats tout à fait différents. Sur la vidéo de Gaétan Thomas [3], étudiant en master « Métiers de l'Enseignement, de l'Éducation et de la Formation » (MEEF), la couleur du sirop de menthe passe très rapidement du vert au bleu, puis l'intensité de la coloration bleue décroît progressivement, la nature des colorants jaune et bleu était tout à fait différente dans ce sirop-là !

Mener une démarche d'investigation, de façon autonome

L'objectif de cet article est de présenter des outils fort simples, accessibles en tous lieux, conduisant à des données de très bonne qualité rendant possible une étude cinétique. Ces outils permettent de mener de façon autonome une véritable démarche scientifique, incluant toutes ses étapes, dans une approche de type démarche d'investigation fortement mobilisatrice [4-5]. Le propos ici n'est nullement de laisser croire que tous les sujets pourront être traités ailleurs que dans les salles de formation des établissements, ni de faire croire que l'organisation pédagogique requise est simple car de nombreux temps d'échanges seront nécessaires, mais simplement d'illustrer que cette opportunité pédagogique

existe et qu'en tant qu'enseignant, nous pouvons éventuellement nous saisir de cette proposition, en classe ou hors la classe, en présence ou en l'absence d'enseignant, après avoir repensé les compétences que nous souhaitons adresser.

[1] J. Randon, Construire un colorimètre et évaluer l'incertitude des méthodes de dosage par étalonnage, *L'Act. Chim.*, **2020**, *452*, p. 29-34 ; J. Randon, Repenser l'enseignement des sciences analytiques au travers de la construction et l'évaluation d'instruments, *L'Act. Chim.*, **2020**, *451*, p. 41-48.

[2] <https://clarolineconnect.univ-lyon1.fr/workspaces/136817/open/tool/home#/tab/165239>

[3] <https://youtu.be/9L8A8L3VG11>

[4] L. Heinrich, M. Benaskar, Étude cinétique en TP d'investigation : la décoloration du cristal violet, *L'Act. Chim.*, **2018**, *433*, p. 49-51 ; L. Heinrich, M. Benaskar, Titrages acido-basiques en TP d'investigation, *L'Act. Chim.*, **2014**, *384*, p.38-45 ; X. Bataille, E. Beauvineau, N. Cheymol, V. Mas, M. Vigneron, Un TP de chimie analytique en séquence d'investigation, *L'Act. Chim.*, **2009**, *333*, p. 42-47 ; L. Heinrich, L'analyse d'un complexe mononucléaire du cuivre(II) : un exemple de TP d'investigation, *L'Act. Chim.*, **2011**, *358*, p. 32-35.

[5] X. Bataille, E. Beauvineau, H. Carrié, N. Cheymol, M. Vigneron, Sensibiliser les étudiants à la démarche scientifique : le cas de la cinétique chimique, *L'Act. Chim.*, **2010**, *340*, p. 33-34 ; J. Piard, R. Méallet-Renault, Nourrir la motivation, la prise d'initiative et la créativité des étudiant.e.s, *L'Act. Chim.*, **2018**, *433*, p. 37-40.

Jérôme RANDON,

Professeur à l'Université Claude Bernard Lyon 1, Institut des Sciences Analytiques (UMR CNRS 5280), Villeurbanne.

*randon@univ-lyon1.fr