

Expérience de la bouteille bleue : Apprendre la chimie sans connaître les produits chimiques

Article [Blue Bottle Experiment: Learning Chemistry without Knowing the Chemicals](#) T. Limpanuparb , C. Areekul, P. Montriwat, and U. Rajchakit, *J. Chem. Educ.*, 2017, 94 (6), pp 730–737 DOI: 10.1021/acs.jchemed.6b00844 résumé de F.P. 2017-2018



L'expérience de la bouteille bleue est une démonstration chimique très populaire en raison de sa simplicité et de son visuel très attrayant. Le liquide transparent contenu dans la bouteille devient bleu après agitation. Si on laisse la bouteille au repos, le liquide redevient incolore au fur et à mesure du temps.

En bref, la réaction est réalisée le plus souvent à partir d'une acyloïne (= α -hydroxy cétone) et d'un indicateur rédox en solution basique. Classiquement, ce sont une solution de glucose, une solution de NaOH et du bleu de méthylène qui sont utilisés (c'est le cas dans cet article). Lorsque la solution est initialement préparée, le bleu de méthylène est réduit par la solution basique de glucose et la solution devient donc incolore. De plus, les produits issus de l'oxydation du glucose sont eux aussi incolores. Lorsque la bouteille est agitée, le bleu de méthylène s'oxyde en présence de l'oxygène de l'air fraîchement dissous et la solution devient rapidement bleue. Après quelques instants au repos, le bleu de méthylène est à nouveau réduit par le glucose et la solution dans la bouteille redevient incolore. Ce cycle de coloration/décoloration peut être répété plusieurs fois.

Figure 1: Cycle de coloration/décoloration dans l'expérience de la bouteille bleue (adaptée de l'article)

La plupart de la littérature discute majoritairement de l'expérience en se focalisant sur les activités de démonstrations. Quelques articles seulement expliquent une manière pédagogique d'aborder cette expérience en laboratoire. Ainsi, guidés par une feuille de travail préalablement élaborée par Cambpell et al., les auteurs nous présentent ici leur développement de procédures expérimentales et de présentations pédagogiques pour venir à l'encontre des attentes des étudiants. Cet article vise à enseigner la chimie envers des étudiants qui pourraient être « non-chimistes ». Les auteurs aident les enseignants en leur fournissant des documents qui permettent d'adopter cette expérience très facilement.

Ici, ils ont choisi de travailler sur une version classique de l'expérience, c'est-à-dire à partir de glucose, de bleu de méthylène et de NaOH. Ils proposent de préparer des solutions stocks pour gagner du temps (dissolution du solide) et de préparer les mixtures juste avant ou durant le cours. Ces solutions peuvent être stockées durant des mois (mais la solution de glucose doit rester au frais). La liste des réactifs et des équipements à préparer est fournie.

6 activités sont présentées dans l'article. Les 3 premières sont destinées à guider les étudiants dans la compréhension du mécanisme de l'expérience. La 4ème activité permet d'introduire des notions de cinétique chimique. La 5ème montre le lien entre la chimie et des autres disciplines. La dernière est une activité adaptative au public et leur demande une forte interaction. Les 3 premières et la dernière doivent être réalisées en séquence tandis que les 4 et 5ème sont indépendantes. Lors des activités, les instructeurs sont amenés à venir vérifier le déroulement de chaque étape. Il est également

proposé aux étudiants d'utiliser des lettres capitales pour symboliser les réactifs et les produits. Ceux-ci ne leur ont pas été révélés.

La première activité vise à comprendre le mécanisme de la coloration bleue. On donne à chaque groupe d'étudiants la mixture réactionnelle dans un contenant fermé (bouteille, tube, sac) et on leur demande pourquoi la solution devient bleue après agitation. Après avoir reçu les hypothèses, on leur donne une bouteille (ou un sac) rempli totalement par la solution (c'est-à-dire sans présence d'air). Cette fois-ci, il n'y a pas de coloration lors de l'agitation. Après cette activité, les étudiants comprennent qu'un gaz atmosphérique joue un rôle dans le phénomène de coloration. Au repos, la solution redevient incolore puisque l'indicateur rédox réagit avec le glucose. C'est une étape assez compliquée pour les étudiants car elle implique des composés incolores. A tort, beaucoup de personnes croient que la solution redevient incolore car le gaz retourne dans l'atmosphère. Pour expliquer aux étudiants que le gaz de l'air ne retourne pas dans l'atmosphère, **l'activité n°2** propose l'utilisation d'un manomètre raccordé au bouchon vissé sur la bouteille (elle-même posée sur une plaque agitatrice) et de comparer les niveaux d'eau de chaque côté. Les étudiants apprennent ici que l'air est consommé durant l'étape de coloration bleue car le niveau de l'eau augmente de ce côté-là du manomètre. Les étudiants peuvent donc proposer pour le mécanisme de coloration le mécanisme suivant : $L(aq) + A(g) \rightarrow B(aq)$ où $L(aq)$ est la forme incolore du composé qui se colore, $B(aq)$ en est sa forme colorée bleue et A représente l'air. Ils supposent que lors de la décoloration un autre composé incolore entre en jeu et que $L(aq)$ doit être regénéré puisque les cycles de coloration/décoloration sont répétables. Ainsi pour le mécanisme de décoloration : $B(aq) + X(aq) \rightarrow L(aq) + Y(aq)$ où $X(aq)$ est le réactif incolore et Y le produit incolore. Lors de **la troisième activité**, l'intensité et la durée de la coloration bleue sont observées à l'aide d'une application Android installée sur les smartphones des étudiants. Les solutions sont transvasées dans un tube à essai qui sera agité en utilisant un vortex. Le temps d'agitation et l'intensité de la coloration seront mesurés à l'aide de l'application. L'intensité de coloration bleue atteint un maximum plus tôt que celui associé à la durée de coloration. Cette différence suggère que quand la solution est agitée, un gaz de l'air est dissous dans la solution d'abord ($A(g) \rightarrow A(aq)$). Le gaz dissout $A(aq)$ réagit rapidement avec L pour former le composé bleu B . Après que L ait été totalement transformé en B , le composé $A(g)$ continue de se dissoudre jusqu'à ce que le point de saturation soit atteint.

Après ces 3 activités, les étudiants apprennent que l'étape de coloration bleue est relativement rapide et que l'étape de décoloration est plus lente. La combinaison des mécanismes proposés à chaque étape nous donne la réaction (4) :

$A(g)$	\rightarrow	$A(aq)$	(1)
$L(aq) + A(aq)$	\rightarrow	$B(aq)$	(2)
$B(aq) + X(aq)$	\rightarrow	$L(aq) + Y(aq)$	(3)
$A(g) + X(aq)$	\rightarrow	$Y(aq)$	(4)

Le composé L/B est en fait un système catalytique.

Dans **l'activité n°4**, il est demandé aux étudiants de préparer deux solutions (une contenant la solution basique et l'autre contenant le bleu de méthylène et le glucose) et de les maintenir à une certaine température pendant 5 minutes en les plongeant dans un bêcher contenant de l'eau à certaine température (entre 5° et 35°C). L'instructeur doit venir vérifier si le groupe est prêt et aidera à démarrer le minuteur lorsque les élèves mélangeront. Chaque groupe doit mélanger en même temps ses 2 tubes à essai. Les élèves notent la température et le temps que cela prend pour que la solution devienne incolore. Le temps de décoloration dépend de la température de la mixture. Au plus c'est haut en température, au plus la décoloration est rapide.

Lors de **la 5ème activité**, les étudiants prélèvent quelques mL de la solution bleue et les transfèrent dans une boîte de Pétri. Quelques gouttes de bleu de méthylène sont additionnées et ils mélagent doucement. Ils prennent des photos au cours du temps. Souvent, le bleu de méthylène est ajouté pour promouvoir la formation de motifs et rendre cela plus visible. Les motifs dépendent fortement des réactifs et de leur proportion. Les étudiants sont ici encouragés à trouver des similarités entre les motifs observés dans la boîte de Pétri et les motifs dans la nature. De cette manière, ils peuvent se rendre compte que toutes les branches des sciences sont connectées. Comprendre la formation de motifs dans les systèmes vivants demande des connaissances en math, phys, chimie etc.

Finalement, **la 6ème activité** requiert la participation des étudiants : ils doivent proposer de nouvelles expériences en changeant les formulations, les procédures, etc.

Lors des expériences, il est obligatoire de se munir de gants, de lunettes de protection et d'un tablier car la réaction peut causer des irritations. Le NaOH est corrosif et le bleu de méthylène tâche. A noter, qu'il est important d'utiliser un bon système de fermeture pour éviter d'épancher du liquide durant l'agitation.

Ces activités ont été testées sur 23 étudiants et les retours ont montré que ceux-ci étaient généralement satisfaits.

Généralement, l'expérience de la bouteille bleue consiste en une courte démonstration. Cet article montre que de nombreux concepts reliés à celle-ci peuvent être abordés dans une séance de travaux pratiques d'une durée de 4 heures. Les formulations chimiques complexes n'y sont pas présentées. De cette manière, l'intérêt des étudiants pour la chimie semble important.

Références complémentaires :

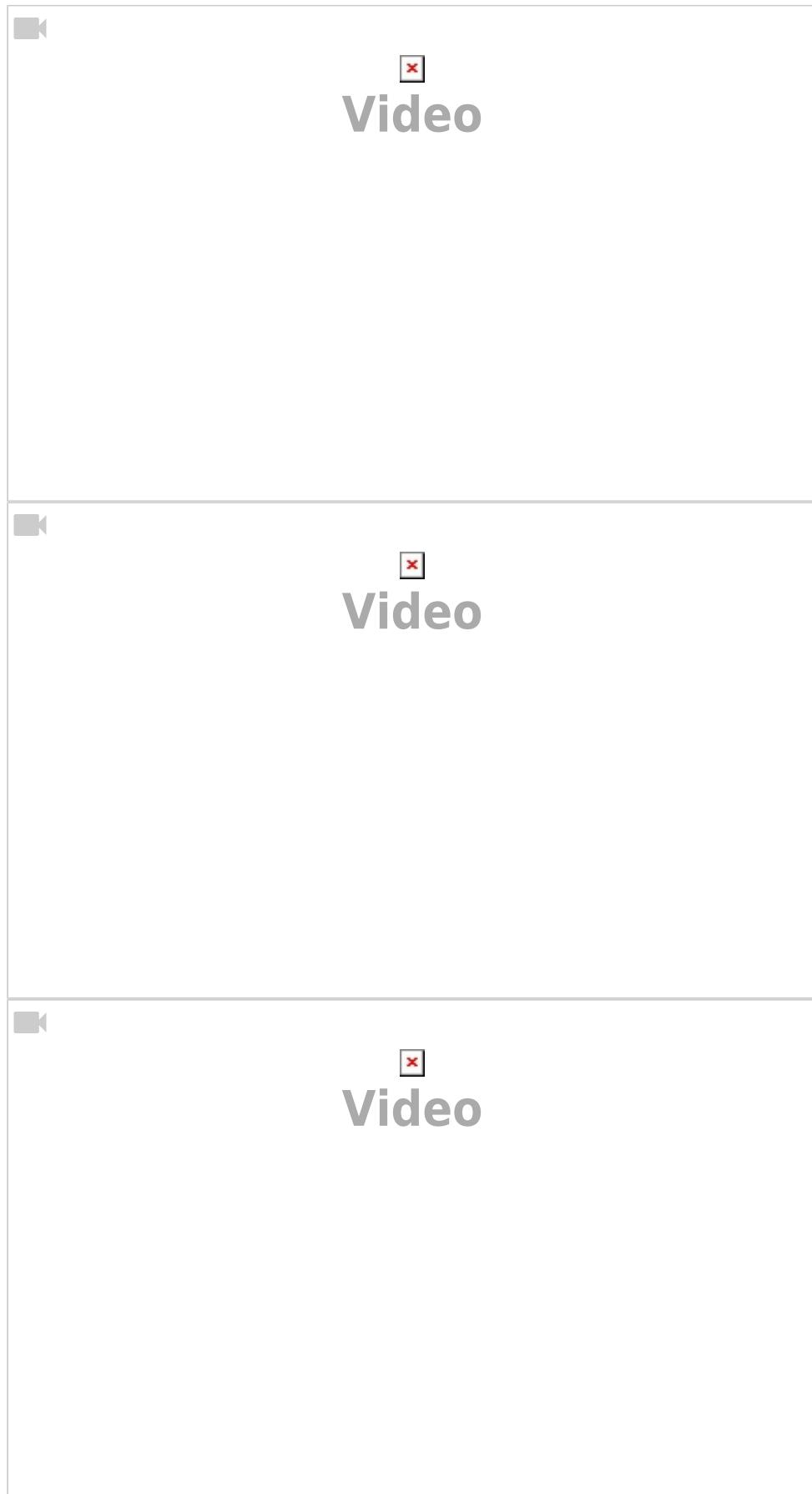
- [Bouteille bleue](#)
- [Blue bottle experiment](#)

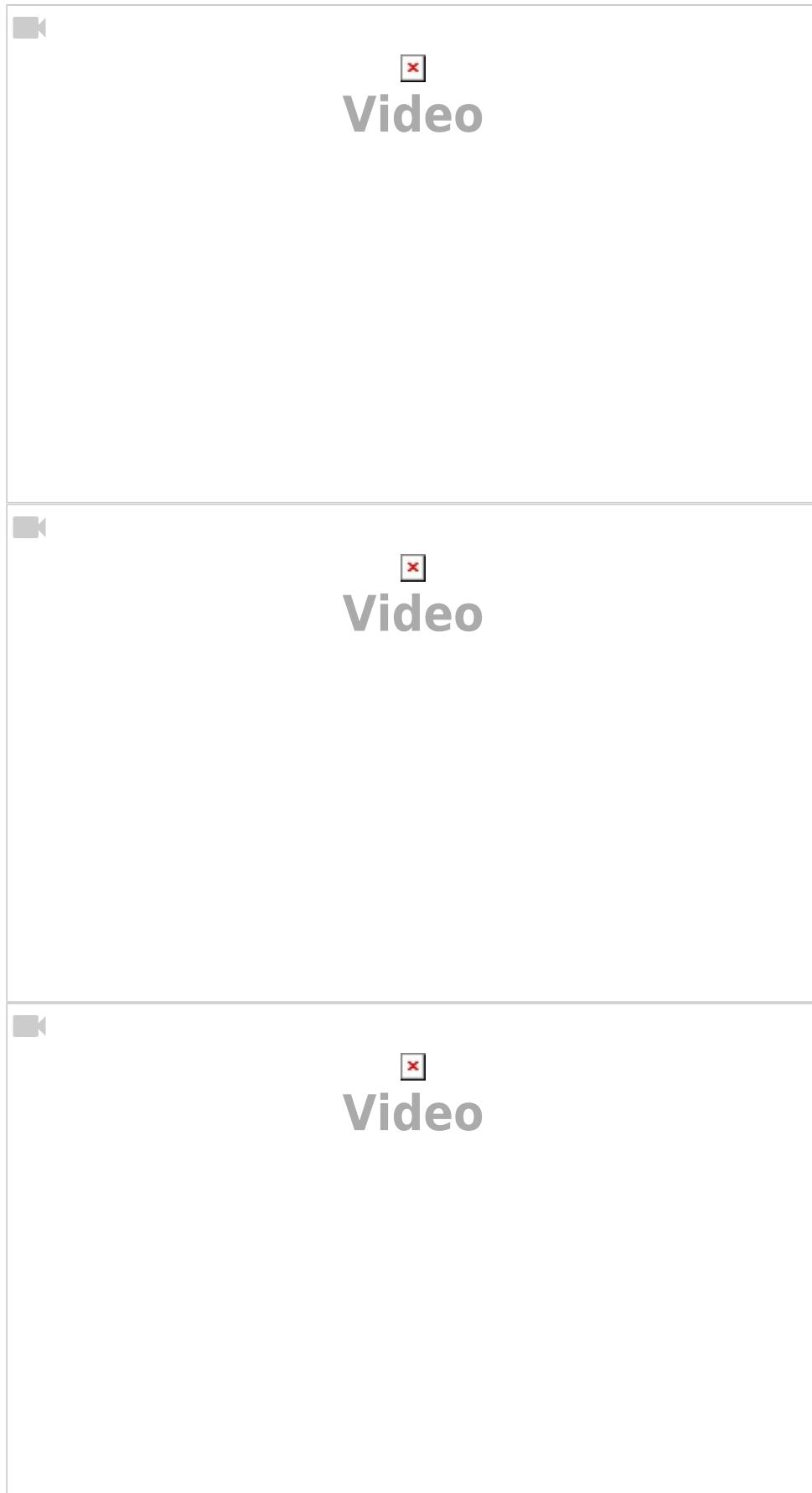
Images :

[lien](#) :



Vidéos :





From:
<https://dvillers.umons.ac.be/wiki/> - **Didier Villers, UMONS - wiki**

Permanent link:
<https://dvillers.umons.ac.be/wiki/teaching:biblio-10.1021-ac.s.jchemed.6b00844?rev=1530872054>

Last update: **2018/07/06 12:14**

