



Chemical Education at School

Chers Lecteurs,

La rubrique 'Chemical Education at School', sous la direction de Thierry Chuard (PH-Bern, Institut Sekundarstufe 1) et Klemmens Koch (PHBern, Institut Sekundarstufe 2 und Deutsches Gymnasium Biel), publiera régulièrement des expériences de chimie pouvant être réalisées aux niveaux secondaires 1 et 2 (gymnase). Si vous désirez soumettre une expérience, veuillez au préalable contacter les responsables de la rubrique en envoyant une brève description de l'expérience à l'adresse 'education@chimia.ch'. Les projets seront évalués sur la base de leur intérêt didactique, leur originalité, et leur faisabilité dans des laboratoires disposant d'un équipement minimal. Une fois le projet accepté, un manuscrit détaillé devra être soumis et l'expérience sera vérifiée expérimentalement. Les vérificateurs figureront également sur la publication avec la mention 'vérifié par'. Les expériences seront publiées en français ou en allemand. Une traduction dans la seconde langue sera disponible sur le site internet de CHIMIA (www.chimia.ch).

Philippe Renaud, Editor-in-chief

Liebe Leserinnen und Leser

In der Rubrik „Chemical Education at School“ unter der Leitung von Thierry Chuard (PH-Bern, Institut Sekundarstufe 1) und Klemmens Koch (PHBern, Institut Sekundarstufe 2 und Deutsches Gymnasium Biel) werden regelmässig Chemie-Experimente publiziert, welche auf den Sekundarstufen 1 und 2 (Gymnasium) durchführbar sind. Falls Sie Interesse haben, ein Experiment zu unterbreiten, wenden Sie sich bitte vorgängig an die Verantwortlichen dieser Rubrik, indem Sie eine kurze Beschreibung Ihres Experimentes an folgende e-Mail-Adresse schicken: education@chimia.ch. Die Projekte werden nach didaktischem Interesse, Originalität sowie deren Umsetzung in einem Labor mit einer minimalen Ausstattung bewertet. Ist das Projekt angenommen, muss ein detailliertes Manuskript vorgelegt werden und das Experiment wird experimentell überprüft. Die Prüfer werden ebenfalls auf der Publikation unter dem Vermerk „geprüft durch“ ersichtlich sein. Die Experimente werden in Französisch oder Deutsch publiziert. Eine Übersetzung in der zweiten Sprache wird auf der Internet-Seite von CHIMIA (www.chimia.ch) verfügbar sein.

Philippe Renaud, Editor-in-chief

Expérience de police scientifique: comment relever des empreintes avec de la super glue#

Thierry Chuard*

*Correspondance: Dr T. Chuard, PHBern IS1, Département für Chemie und Biochemie
Freiestrasse 3, CH-3012 Bern, Tel.: +41 31 631 43 80,
E-mail: thierry.chuard@phbern.ch

Keywords: Cyanoacrylates · Fingerprints · Forensic science · School experiment · Super glue

Introduction

Le succès des séries télévisées actuelles, dans lesquelles la police scientifique joue un rôle prépondérant, montre l'intérêt du grand public – en particulier des jeunes – pour ce genre d'investigations. Preuve en est la croissance extraordinaire des inscriptions observée ces dernières années dans les filières de formation à la police scientifique.

Si la plupart des techniques présentées dans ces séries font appel à un appareillage complexe (et cher!), certaines peuvent être réalisées facilement avec un matériel simple et des produits peu coûteux.

L'expérience présentée ici permet de relever rapidement et facilement des empreintes digitales en appliquant exactement le même procédé que celui utilisé par la police scientifique. Elle ne nécessite aucun matériel ou produit spécifique de chimie: tout se trouve dans le commerce.

Découverte 'accidentelle' de la super glue^[1]

Durant la deuxième guerre mondiale (1942), Harry Coover, qui travaillait pour l'entreprise Eastman Kodak (Rochester, USA), a reçu comme mandat de développer un nouveau matériau transparent et incassable devant être utilisé dans l'optique de visée d'armement militaire. Pour la synthèse de ces polymères, il a choisi d'utiliser comme monomères notamment des 2-cyanoacrylates d'alkyles (Fig. 1).

Il a constaté que tout ce qui entrainait en contact avec ces molécules devenait extrêmement collant et les a abandonnées pour ses recherches. Six ans plus tard (Eastman Kodak, Kingsport, USA),

Coover a réutilisé des cyanoacrylates, cette fois-ci pour la synthèse d'un matériau thermorésistant destiné aux cockpits d'avions de chasse. Un collaborateur de Coover a eu l'idée de mesurer l'indice de réfraction d'une petite goutte de cyanoacrylate (!), collant ainsi définitivement les deux prismes du coûteux refractomètre. Coover prit enfin conscience de l'intérêt commercial de son composé hautement collant et après avoir déposé un brevet,^[2] le mit sur le marché sous le nom de Super Glue®. Ce nom de marque déposé est devenu depuis le nom générique désignant les colles super rapides à base de cyanoacrylates.

Coover est devenu une célébrité à l'extérieur du monde scientifique en participant en 1959 à l'émission télévisée 'I've got a secret'. Durant cette émission diffusée en direct, il déposa un peu de super glue sous les semelles des chaussures du présentateur vedette Garry Moore et lui demanda de se placer sur une plaque transparente. Vingt secondes plus tard, à l'aide de chaînes fixées sous la plaque, celle-ci fut hissée en hauteur et le présentateur se retrouva suspendu dans le vide, tête en bas, collé à la plaque juste par ses chaussures. Aujourd'hui la super glue est utilisée pour toutes sortes de collages, des modèles réduits aux défenses d'éléphants brisées, mais elle a trouvé d'autres applications étonnantes.

Sous forme de spray, la super glue a sauvé la vie de nombreux soldats américains durant la guerre du Vietnam. En suturant les plaies ouvertes et stoppant ainsi l'hémorragie, elle a évité une perte de sang fatale pendant le transport des blessés vers une

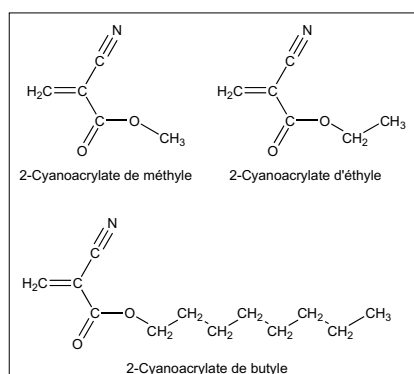


Fig. 1. Quelques structures de 2-cyanoacrylates d'alkyles.

Eine deutsche Fassung ist unter www.chimia.ch als PDF-Dokument erhältlich.

unité médicale. Les plaies suturées par un polycyanoacrylate ont révélé une propriété très intéressante de ce polymère dans les tissus physiologiques: il se résorbe de lui-même en quelques jours. Malheureusement, durant ce processus, le polymère se dégrade en formaldéhyde et en cyanoacétate: une concentration trop élevée de ces produits dans les tissus provoque des inflammations, voire des nécroses.^[3] Pour cette raison, des formes spéciales de super glue ont dû être développées pour une utilisation médicale. Plus sa chaîne latérale est longue, plus le polymère se dégrade lentement. Par exemple, un polymère obtenu à partir du 2-cyanoacrylate d'octyle (Fig. 1) se résorbera suffisamment lentement (2–3 semaines) pour que la concentration des produits de dégradation dans les tissus n'atteigne pas son seuil de toxicité. Différents produits sont aujourd'hui disponibles sur le marché (Indermil®, Dermabond®, etc.) qui évitent l'usage de fils ou d'agrafes pour suturer les plaies, ce qui est un avantage certain lorsqu'il s'agit de soigner des enfants (par exemple...).

Une autre application inattendue de la super glue et présentée sous forme d'expérience ci-après, est son emploi par la police scientifique pour le relevé d'empreintes.

Polymérisation des cyanoacrylates

Le collage instantané de deux surfaces l'une contre l'autre avec la super glue ne résulte pas d'un processus de séchage, comme c'est le cas de beaucoup de colles qui sont simplement dissoutes dans un solvant. Pour les cyanoacrylates, c'est une réaction chimique ultrarapide de polymérisation entre les deux surfaces qui conduit à leur adhésion. L'humidité, présente en une couche très fine à la surface de pratiquement tous les objets, est responsable de l'initiation de la réaction (Fig. 2).^[4] Les molécules d'eau ou mieux encore les ions OH⁻ contenus dans l'eau, jouent le rôle d'amorceur de la polymérisation par addition nucléophile sur le monomère (initiation). Il se forme ainsi un premier intermédiaire chargé négativement (carbanion), qui va pouvoir à son tour agir comme nucléophile en s'additionnant sur un deuxième monomère (propagation) et ainsi de suite jusqu'à l'obtention d'un polymère.

Chaque intermédiaire formé dans cette réaction est chargé négativement (anion), d'où le nom de polymérisation anionique pour ce mécanisme.

Pour que cette réaction se déroule si rapidement à température ambiante, il faut que chaque intermédiaire obtenu soit très facile à former, donc qu'il possède un niveau d'énergie peu élevé. La possibilité de délocaliser la charge négative sur plusieurs atomes (résonance électronique) stabilise particulièrement ces carbanions et abaisse ainsi fortement leur niveau d'énergie (Fig. 3).

En augmentant fortement la possibilité de délocalisation électronique, mais aussi en contribuant à la polarisation du monomère sur lequel le nucléophile s'additionne, la présence d'un groupe cyano est donc déterminante pour la polymérisation ultrarapide de la super glue.

Utilisation des cyanoacrylates pour relever des empreintes digitales

La procédure généralement appliquée et bien connue pour relever les empreintes digitales est l'utilisation de poudres apolaires qui s'adsorbent sélectivement sur les dépôts de graisses (apolaires aussi) laissés par les doigts.

L'exposition des empreintes à des vapeurs de cyanoacrylates d'alkyle, autrement dit à des vapeurs de super glue, permet aussi de révéler les empreintes.^[5] L'empreinte digitale est constituée non seulement de substances grasses mais notamment aussi d'humidité et de protéines. Le rôle de nucléophile de l'humidité dans la polymérisation des cyanoacrylates a déjà été expliqué précédemment. Certaines parties des protéines sont également nucléophiles et peuvent aussi initier la polymérisation. On comprend dès lors que les vapeurs de cyanoacrylates qui entrent en contact avec des empreintes digitales réagissent rapidement et forment un polymère bien visible qui va enrober les empreintes.

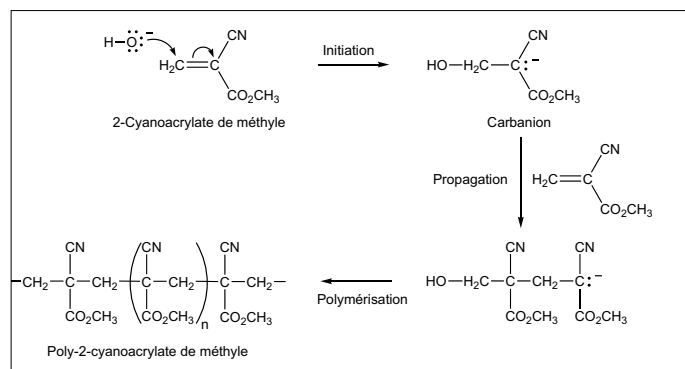


Fig. 2. Mécanisme de la polymérisation anionique du cyanoacrylate de méthyle.

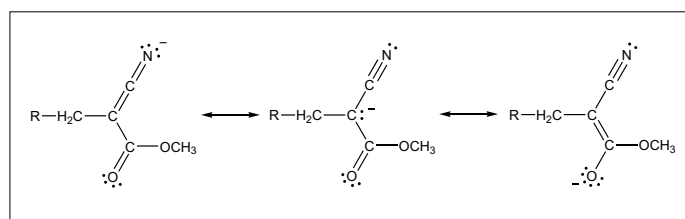


Fig. 3. Formes limites de résonance de l'intermédiaire carbanion.

La police scientifique dispose de chambres de fumage spécialement conçues pour exposer au mieux les objets à investiguer aux vapeurs de cyanoacrylate. La procédure ci-après décrit comment un simple pot de yogourt (ou de confiture) en verre peut être utilisé comme chambre de fumage.

Procédure

Sécurité

- Il est fortement recommandé de porter des lunettes de protection ainsi qu'une blouse de laboratoire. Respecter les indications générale de sécurité concernant les manipulations au laboratoire de chimie.^[6]
- En vente libre, la super glue (majoritairement constituée de 2-cyanoacrylate d'éthyle) a une faible toxicité (irritant, Xi, R-36/37/38). Une seule goutte de super glue est vaporisée dans cette expérience (Eb = 54–56 °C à 0.21–0.40 kPa) et la procédure décrite permet d'éviter pratiquement toute émanation de vapeur. Il est toutefois recommandé de travailler sous une hotte pour effectuer cette expérience.
- Tout risque de fêlure du récipient en verre (pot de yogourt) au contact de la plaque préchauffée ne peut être exclu. Cela n'a cependant jamais été observé lors des nombreux essais effectués (>50). Ce risque peut être diminué en utilisant un récipient en verre sécurisé de type Pyrex®.

Une empreinte digitale est tout d'abord déposée sur une surface lisse et propre, si possible transparente. Nous avons utilisé une lame de verre de microscope (porte-objet) préalablement nettoyée avec un peu d'alcool.

Une plaque chauffante est préchauffée à env. 300 °C (nécessite env. 10 minutes en position maximale). Une goutte de super glue (Pat-tex®, Uhu®, mais toute autre marque devrait très bien convenir) est déposée sur le fond d'un pot de yogourt (ou de confiture) en verre propre, puis la lame de verre est placée dans le pot avec la face portant l'empreinte digitale orientée vers le bas (Fig. 4).

Le couvercle du yogourt (ou un petit carton plat) est juste posé sur le pot: cela est suffisant pour éviter le dégagement de vapeurs de cyanoacrylate à l'extérieur du pot. Le pot et son contenu sont placés env. 30 secondes sur la plaque préchauffée (jusqu'à ce que les premières vapeurs soient observées) puis à nouveau env. 30 secondes sur une surface froide: en soulevant le couvercle posé sur le pot,

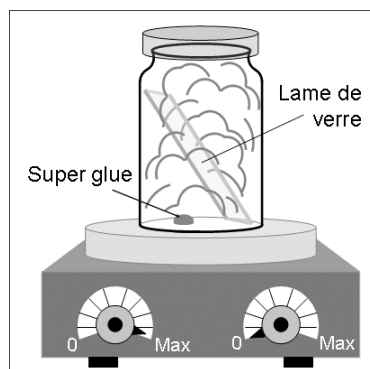


Fig. 4. Dispositif pour le fumage avec la super glue.



Fig. 5. Empreinte digitale révélée sur une lame de verre et photographiée sur un fond noir.

aucune vapeur de cyanoacrylate ne doit s'en dégager. En observant la lame de verre contre la lumière ou en la plaçant sur une surface noire, l'empreinte digitale est maintenant nettement visible (Fig. 5). L'empreinte ainsi révélée peut être conservée sans problème. Elle peut aussi être transférée aisément sur un support blanc en la saupoudrant avec un peu de charbon actif par exemple: après avoir

éliminé l'excès en soufflant légèrement sur la lame, l'empreinte est transférée simplement à l'aide d'un ruban adhésif.

Conclusion

Bien que l'expérience proposée ici reproduise exactement le procédé utilisé par la police scientifique pour relever des empreintes digitales, elle est extrêmement simple, facile et rapide à réaliser. En utilisant un produit de la vie quotidienne (super glue) aux multiples facettes, elle permet aussi bien d'illustrer un cours consacré aux matériaux (polymères, colles, etc.), de présenter un mécanisme réactionnel, d'expliquer une technique de police scientifique ou de servir d'exemple parmi les nombreuses découvertes accidentelles.

Received: November 9, 2009

- [1] S. C. Hayes, 'Discovery of Super Glue helped land Coover in National Inventors Hall of Fame', Kingsport Times-News, July 11, 2004; <http://www.gluseal.info/research.htm>.
- [2] H. W. Coover, U.S. Patent 2768109, 1956.
- [3] N. D. Schwade, 'Wound Adhesives, 2-Octyl Cyanoacrylate', eMedicine article, April 10 2002; <http://emedicine.medscape.com/article/874047-overview>.
- [4] K. P. C. Vollhardt, N. E. Shore, 'Traité de chimie organique', 5^{ème} éd., De Boeck Université, Bruxelles, 2009; K. P. C. Vollhardt, N. E. Shore, 'Organische Chemie', 4. Auflage, Wiley-VCH Verlag GmbH, Weinheim, 2005.
- [5] F. G. Kendall, *Identification News* 1982, 32, 3.
- [6] http://fr.wikipedia.org/wiki/sécurité_en_laboratoire.



AHA – Wie funktioniert eine DNA-Haaranalyse?

Die DNA in den Zellen der Haarwurzel wird vervielfältigt und die charakteristischen Genabschnitte eines Menschen mit alten DNA-Proben verglichen.

Miami. FBI-Agenten finden eine Männerleiche in einer Privatwohnung. Die Spurensicherung durchstreift die Wohnung nach den Spuren des Verbrechens. Sie nehmen Fingerabdrücke, stecken Kleidungssetzen in Plastiktüten und sammeln Haare ein. Der FBI-Agent fordert eine DNA-Analyse. Vielleicht findet man den Täter in einer FBI-Kartei.

Doch wie funktioniert eine DNA-Haaranalyse?

Fast jede unserer Zellen enthält DNA, unsere Erbsubstanz. So auch die Haarwurzel – das Haar selbst besteht aus toten Haarzellen, die keine DNA mehr enthalten. Eine Haarwurzel enthält sehr wenig Zellen und damit auch wenig DNA. Deswegen muss die Erbinformation – bzw. bestimmte Abschnitte auf ihr – zunächst vervielfältigt werden.

Die Antwort liegt in der Mitte

Für den genetischen Fingerabdruck schauen sich die Forensiker nur bestimmte Bereiche unserer Erbinformation an. Die DNA kann man grob in zwei unterschiedliche Arten von Bereichen unterteilen. Die bekanntesten Abschnitte sind die Gene. Sie enthalten die genetische Information für ein bestimmtes Merkmal. Dazwischen sind Abschnitte, die scheinbar sinnlos sind.



Man weiss heute, dass viele dieser Bereiche zwischen den Genen einen Einfluss auf die Gene in der Nachbarschaft und damit auf die Stärke der Ausprägung mancher Merkmale haben. Und man weiss, dass diese Abschnitte bei allen Menschen etwas unterschiedlich sind. Man kann also sagen, dass viele Unterschiede zwischen den Menschen nicht

unbedingt nur in den Genen, sondern auch zwischen den Genen liegen.

Der genetische Fingerabdruck

Um den genetischen Fingerabdruck zu bestimmen, wird die Länge dieser Abschnitte zwischen den Genen untersucht – sie ist bei jedem Menschen anders. Hat man an anderen Tatorten DNA-Spuren gesammelt und die Länge der Abschnitte gespeichert, können diese untereinander verglichen und so eine Person identifiziert werden.

Mit dieser Methode hat man aber kein detailliertes Wissen über die Erbinformation des Besitzers. Dazu müsste man die DNA noch sequenzieren, das heisst deren Zusammensetzung genau bestimmen. Kennt man die Sequenz bestimmter Abschnitte der DNA, kann man zum Beispiel die Vaterschaft klären (wenn die Sequenz des Kindes grosse Ähnlichkeit aufweist) oder bestimmte genetische Krankheiten erkennen.

Alles gespeichert?

Die Daten eines jeden Menschen, auch die genetischen, sind Privatsphäre und dementsprechend geschützt. Allerdings sammeln die Polizeibeamten natürlich alle Spuren ein und lagern diese, so dass man auch Jahre nach einer Tat noch DNA-Proben eines Verdächtigen mit den DNA-Spuren am Tatort vergleichen kann.

SimplyScience – die Website für Naturwissenschaften und Technik

Geheimnisse des Alltags und wissenschaftliche Phänomene werden auf SimplyScience auf spannende Weise erklärt. Ob interessante Storys, faszinierende Kolumnen, coole Quiz mit tollen Preisen oder ausführliche Hintergrundinformationen in spannenden Dossiers. Auf SimplyScience ist man immer auf dem Laufenden. Weitere Informationen: www.simplyscience.ch