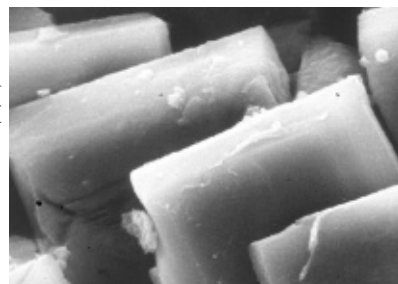




Une coupelle contenant du *cæruleum* brut, trouvée à Pompéi.



Un fragment de creuset ayant servi à fabriquer du *cæruleum*, à Cumes.



Dans du *cæruleum* provenant de l'épave dite *Planier 3*, la microscopie électronique a révélé des cristaux de cuprorivaite non broyés.

Fabriquer du bleu égyptien est loin d'être facile, et demande des compétences de verrier. Comment faisaient les Égyptiens ? On l'ignore. Aucun des papyrus qui nous sont parvenus ne donne la recette de fabrication du *hsbd'iry*. L'inscription de la stèle funéraire du peintre Irtysen (vers -2030) en donne probablement la raison, à savoir un secret jalousement gardé :

« [...] Je sais faire des pigments et des produits qui fondent sans que le feu les brûle et, de plus, insolubles à l'eau. Je ne révélerai cela à personne, excepté moi seul et mon fils aîné, le dieu ayant ordonné qu'il s'exerce en initié, car j'ai remarqué sa compétence à être chef des travaux dans toutes les matières précieuses, depuis l'argent et l'or jusqu'à l'ivoire et l'ébène. » Les arché-

logues ont eu plus de chance avec la Mésopotamie. En effet, des tablettes babyloniennes trouvées à Tell Umar, datées du XVII^e siècle avant notre ère, donnent des recettes (difficiles à traduire) de verres et, en particulier, de verres teintés en bleu par le cuivre. On fabrique un petit nombre de mélanges-maîtres bleus que l'on modifie par addition.

Un autre lot de tablettes, assyriennes celles-ci, provenant de la bibliothèque d'Assurbanipal et datées de -640, relate des recettes de verres bleus au cuivre. Le principe reste le même : on réalise des mélanges-maîtres comme le *tersitu* (un verre bleu) et le *sirsu* (un verre sodo-calcique incolore), que l'on modifie. L'*uknû merku* s'obtient ainsi :

« Tu ajouteras à un *mana* de bon *tersitu* un tiers de *mana* de verre *sirsu* broyé,

un tiers de *mana* de sable, cinq *kisal* de craie, et tu broieras encore. Tu le recueilleras dans un moule, en le fermant avec un moule réplique. Tu le placeras dans les ouvreaux du four et il rougeoiera et *uknû merku* en sortira. » C'est une remarquable recette opérationnelle, où seules les durées ne sont pas indiquées.

Il n'en va pas de même avec la recette que rapporte Vitruve, censée être celle employée à la manufacture de Vestorius : elle n'est ni opérationnelle (les quantités et les températures ne sont pas indiquées) ni complète. Elle montre en revanche que chez Vestorius, on ne parlait pas d'un verre, mais on réalisait une synthèse à partir de différents oxydes. D'où vient cette recette ? Est-ce la recette alexandrine ? Quand serait-on passé, en Égypte, d'une recette à l'au-

tre ? Autant de questions sans réponses. La fabrication du *cæruleum* par le procédé indiqué par Vitruve, simple en son principe, est en fait assez délicate. On chauffe un mélange de sable siliceux, de calcaire, de cuivre oxydé et de fondant (substance qui facilite la fusion) réduits en poudre vers 900 °C durant une trentaine d'heures. Le fondant attaque la silice et forme un verre qui dissout les autres composants. Si l'on arrive à maintenir sa température dans la fourchette 900-950 °C, naissent et se développent au sein de cette matrice les cristaux de cuprorivaite. Dans la pratique, trois conditions doivent être impérativement remplies : la bonne proportion calcium/cuivre, le maintien d'une haute température assez précise sur de longues durées et une atmosphère oxydante.

✓ BIBLIOGRAPHIE

L. Cavassa, F. Delamare et M. Repoux, *La fabrication du bleu égyptien dans les Champs Phlégréens (Campanie, Italie) durant le I^{er} siècle de notre ère*, *Revue Archéologique de l'Est*, 28^e supplément, pp. 235-249, 2010.

F. Delamare, *Bleus en poudres. De l'art à l'industrie, 5000 ans d'innovations*, Les Presses de l'École des Mines de Paris, 2008.

✓ SUR LE WEB

Centre d'étude des peintures murales romaines : <http://www.appa-cepmr.fr/>

à cause du blanc de plomb, on ne peut l'employer pour peindre *a fresco* (l'enduit étant basique, le blanc de plomb devient gris). On pourrait penser à une peinture sur bois ou pierre, ou bien à un usage cosmétique.

Des recettes oubliées à partir du XIII^e siècle

À partir du II^e siècle de notre ère, les fabrications de *cæruleum* se développent dans tout l'empire et bien au-delà. On en constate l'emploi aussi bien à Londres qu'en Lybie, en Ouzbékistan ou en Norvège. Le déclin et la chute de l'Empire d'Occident, aux IV^e et V^e siècles de notre ère, ont entraîné une situation de crise, où la construction d'édifices ornés de décors muraux n'était pas du tout une priorité. Aussi, la plupart des fabriques de *cæruleum* ont disparu.

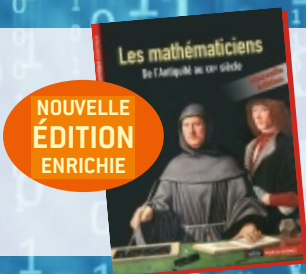
Mais à chaque retour d'un ordre politique, correspond un renouveau de l'emploi de *cæruleum*. Il en a été ainsi sous la

Renaissance carolingienne et, dans certaines abbayes, jusqu'au XIII^e siècle. Puis ce sera l'oubli, et le remplacement par l'indigo, l'azurite et, plus tard, le smalt, des pigments moins stables.

Le *cæruleum* sera redécouvert sur décors romains lors des fouilles de Pompéi, au XVIII^e siècle, et sur décors égyptiens pendant l'expédition d'Égypte (1798-1801). Il suscitera un engouement exceptionnel de la part des chimistes. Au XIX^e siècle, nombreux seront ceux qui essaieront de lui donner une deuxième chance en organisant sa production industrielle. Et au XX^e siècle, des chimistes soviétiques proposeront son emploi pour assurer la pérennité des vastes décors muraux peints comme les aimait le régime alors en vigueur... Ces tentatives n'ont pas eu de suite, en particulier en raison de l'arrivée sur le marché, à partir des années 1830, de pigments plus performants tels que l'outremer artificiel (le bleu Guimet). ■

La librairie **SCIENCE**

Le savoir scientifique au fil des pages...



Les mathématiciens ■ Collectif

« Nul ne peut être mathématicien s'il n'a une âme de poète », disait Sophie Kowalevskaia. D'Archimède à Jacques Hadamard, cet ouvrage dresse les portraits d'une vingtaine de mathématiciens, autant artistes que scientifiques.

280 pages • 24 euros • ISBN 978-2-8424-5109-7



À contre-idées ■ Didier Nordon

Trouver du comique dans une idée sérieuse (et inversement), du local dans une idée générale (et inversement), de l'absurde dans une idée sensée (et inversement)... Au fil de ses billets d'humeur, Didier Nordon s'ingénie à bousculer les idées reçues.

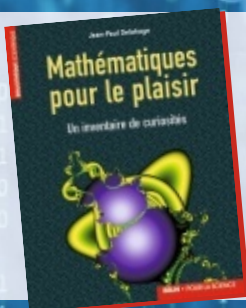
224 pages • 19 euros • ISBN 978-2-8424-5110-3



Au nom de l'infini ■ Jean-Michel Kantor, Loren Graham

Les auteurs retracent un épisode fascinant et dramatique de la création mathématique. Sur les traces de chercheurs russes et français du XX^e siècle, ils nous éclairent sur les liens étroits entre science, religion et politique.

288 pages • 24 euros • ISBN 978-2-8424-5107-3



Mathématiques pour le plaisir ■ Jean-Paul Delahaye

Les mathématiques ne se réduisent pas – heureusement – à ce qu'on nous en apprend à l'école. Partout présentes, elles sont une source de joie et d'épanouissement pour celui qui sait y consacrer un peu d'attention et d'esprit ludique. Dans cet ouvrage, découvrez pourquoi les mathématiques sont faciles et comment s'y adonner est un plaisir.

208 pages • 25 euros • ISBN 978-2-8424-5104-2



La physique buissonnière ■ Jean-Michel Courty, Édouard Kierlik

Une plante plus rapide qu'une mouche, un tuyau qui parle, une cape qui rend invisible, etc. La nature est pleine de surprises pour qui veut bien s'aventurer hors des sentiers battus. Passionnés de physique, les auteurs vous invitent à une promenade sur des chemins de traverse pour comprendre cette physique du quotidien.

160 pages • 22 euros • ISBN 978-2-8424-5105-9

Des livres à découvrir en librairie et sur www.pourlascience.fr

Comment l'ADN réagit sous le soleil

Thierry Douki, Jean-Luc Ravanat, Dimitra Markovitsi et Évelyne Sage

Les rayons ultraviolets solaires provoquent des cancers de la peau, en modifiant l'ADN des cellules de ce tissu. Les mécanismes photochimiques en cause se précisent.

L'ESSENTIEL

✓ Les ultraviolets solaires provoquent des lésions de l'ADN qui peuvent conduire à des mutations.

✓ Jusqu'à présent, on pensait que les ultraviolets B étaient les plus délétères, car ils déclenchent des réactions chimiques entre les bases de l'ADN.

✓ Toutefois, bien qu'ils soient moins absorbés par l'ADN, les ultraviolets A produisent des lésions semblables.

✓ L'identification de ces dommages ou « photoproduits » dans l'ADN permet aux scientifiques de mieux comprendre l'apparition des mutations et des cancers de la peau.

L'exposition au soleil pour avoir une peau hâlée – le bronzage – est une pratique datant du début du XX^e siècle en Europe. Jusqu'au XIX^e siècle, le teint pâle était une preuve d'appartenance à l'aristocratie, alors que la classe ouvrière et paysanne, exerçant son activité en plein air, avait le teint hâlé. Puis la révolution industrielle cantonna les ouvriers dans les usines, loin du soleil, tandis que les classes sociales aisées redécouvraient le tourisme balnéaire. En 1936, avec l'apparition des congés payés, la peau hâlée devint un phénomène de mode.

On découvrit ainsi les méfaits du soleil lors d'une exposition prolongée et les dangers des coups de soleil. Car les rayons ultraviolets du Soleil provoquent des cancers de la peau. On changea la formulation des crèmes solaires – dont les premières apparurent dans les années 1920 – pour qu'elles deviennent des filtres anti-ultraviolets B efficaces, car on pensait que seule cette partie du spectre solaire était délétère pour la peau. Mais par quels mécanismes ?

Dès les années 1960, les chimistes ont étudié les effets des rayons ultraviolets sur l'ADN, support de l'information génétique, des cellules de peau ; ils ont découvert que les ultraviolets B créent des liaisons entre

certaines atomes de la molécule ADN, alors que les ultraviolets A agissent indirectement en altérant divers constituants des cellules de peau. L'effet des ultraviolets A était surtout associé au vieillissement cutané. Les ultraviolets B, bien que moins importants dans le rayonnement solaire qui atteint la peau (nous y reviendrons), semblaient donc plus dangereux.

Toutefois, depuis la fin des années 1990, on sait qu'on ne peut plus négliger l'impact des ultraviolets A : non seulement ils représentent une grande partie du spectre solaire atteignant la peau, mais ils peuvent provoquer des tumeurs chez les animaux de laboratoire.

Nous avons aussi montré récemment qu'ils créent des liaisons chimiques dans l'ADN, comme le font les ultraviolets B. Or ces modifications de la structure chimique de l'ADN peuvent provoquer des mutations génétiques, voire des cancers.

Les Français et le soleil

En 2008, une étude sociologique de la Sécurité sociale et de l'Inserm montrait que si la majorité des Français déclarent être conscients des risques liés à une exposition au soleil, leur comportement sur les plages ne traduit pas cette apparente conviction : moins d'un tiers se protègent et la plupart s'exposent aux heures les plus ensoleillées de la journée. Il n'est donc pas surprenant de constater que le nombre