

Un manuscrit mystérieux

Probablement rédigé au XVI^e siècle, le manuscrit Voynich (du nom de l'Américain qui l'a découvert en 1912, en Italie, dans un collège de jésuites) est écrit dans un alphabet et en une langue inconnus. Le texte présente pourtant des particularités de répétition et de structures à différentes échelles, mais, comme la langue de l'île de Pâques, aucun cryptanalyste n'a pu en venir à bout. Les illustrations sont également mystérieuses. Le manuscrit est-il un canular génial, rédigé pour être vendu à prix d'or? L'empereur germanique Rodolphe II de Hasbourg (1552-1612) l'avait acheté pour 600 ducats d'or, une fortune à l'époque.

L'origine de l'homme moderne

Les récentes analyses d'ADN de l'homme de Mungo, découvert en 1974 dans l'Est de l'Australie, ont révélé qu'il a vécu il y a environ 60 000 ans et qu'il descendait d'un *Homo sapiens* chinois, baptisé *Gracile*, lequel venait lui-même d'un *Homo erectus* issu d'Afrique. Or des crânes de ces précurseurs d'*Homo sapiens* vieux de 250 000 à 100 000 ans ont été découverts dans diverses régions de Chine, ce qui relance le débat sur l'origine de l'homme moderne : selon Wu Xinzhi, de l'Institut de paléontologie des vertébrés de Beijing, l'évolution de l'*Homo erectus* vers l'*Homo sapiens* aurait eu lieu simultanément en Afrique, et dans le Sud-Ouest de la Chine, selon deux modes d'évolutions convergentes.

L'omnibus de Coutances

L'anecdote selon laquelle Poincaré a pensé, en mettant le pied sur l'omnibus de Coutances, à une éclairante analogie entre les nouvelles géométries hyperboliques et les fonctions thêtafuchsiennes (utilisées pour la résolution d'équations différentielles) est, pour les mathématiciens, l'image d'Épinal de la fulgurance de l'intuition. Restait à déterminer ce qu'était cet omnibus : un train ou une voiture à chevaux? Des recherches auprès des mathématiciens n'ayant donné aucun résultat, la mairie de Coutances, contactée, a livré la solution du problème : il s'agissait bien d'un omnibus à chevaux du plus pur style de la Belle Époque.



Dans les filets de Scarlet

Des papillons de nuit protègent des prédateurs les femelles et les œufs.

La galanterie et la prévenance envers les dames ne sont pas l'apanage des êtres humains. Dans le monde animal, d'autres mâles entourent leurs femelles de délicates attentions. C'est le cas des Scarlets, une sorte de papillon de nuit rouge, de deux centimètres de longueur, qui vit dans les prairies de Floride. Pendant l'accouplement, les mâles recouvrent les femelles d'un filet empoisonné qui les protégera des prédateurs, telles les araignées ou les chauves-souris.

L'équipe de William Conner, de l'Université de Caroline du Nord, a étudié le comportement de ce papillon. La nuit, les mâles adultes se nourrissent des sécrétions de certaines plantes : parmi elles, une plante de la même famille que les chrysanthèmes, les asteracées, sécrète deux alcaloïdes puissants, l'intermédine et la lycopsamine. Plutôt que de les éli-

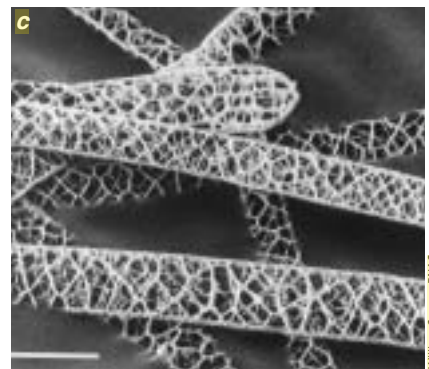


miner, le mâle assimile ces alcaloïdes, puis il les oxyde : insensible à ces substances toxiques (la morphine ou la strychnine sont des alcaloïdes), il est protégé de son plus redoutable prédateur, l'araignée *Nephila clavipes*, qui, elle, ne supporte pas ces alcaloïdes.

Quand vient la saison des amours, la femelle émet des phéromones qui attirent un mâle. Ce dernier ne se pose pas immédiatement, mais reste quelques instants en vol stationnaire au-dessus de la femelle, puis libère un nuage floconneux qui entoure peu à peu la femelle comme un banc de brouillard. Ce nuage est constitué de filaments légers, souples et résistants, que le mâle libère de son abdomen par une pression musculaire. Ils sont composés d'acides gras et... des deux toxines. La structure des filaments confère au nuage une surface maximale pour une quantité minimale de matière. Les deux insectes ne s'accouplent que lorsque la femelle est «enveloppée».

Pour tester le rôle protecteur de ces alcaloïdes, les entomologistes ont offert en pâture à des araignées différents types d'insectes : des femelles fécondées ou enveloppées par des mâles, dont certains n'avaient pas été en contact avec les alcaloïdes. La conclusion est sans équivoque : les insectes protégés par les alcaloïdes sont dédaignés ; les autres sont impitoyablement dévorés.

Outre la protection physique du nuage de filaments, qui résiste mal au vent, la femelle reçoit des alcaloïdes par le liquide séminal du mâle lors de l'accouplement. De cette façon, elle n'est plus la seule à être protégée : ses œufs fraîchement fécondés le sont aussi. La quantité d'alcaloïdes qu'ils contiennent suffira, quand ils seront pondus, à écarter leurs prédatrices : les fourmis et les coccinelles. La protection nuptiale telle que la pratiquent les Scarlets est un cas unique de galanterie.



Les mâles Scarlets (a), des papillons de nuit, protègent leurs femelles avant de s'accoupler en les enveloppant dans un nuage (b) de filaments fins, résistants (c) et riches en alcaloïdes toxiques, issus des plantes dont les mâles se nourrissent. Les alcaloïdes sont également présents dans le liquide séminal : ils protégeront aussi les œufs.



Le froid qui accélère

Des réactions chimiques en phase gazeuse s'accroissent quand la température baisse!

Les marmottes hibernent lorsqu'il fait froid. Les espèces chimiques aussi. C'est du moins ce que laisse penser la loi d'Arrhénius, selon laquelle la vitesse des réactions chimiques décroît avec la température. Cette loi, vérifiée pour la majorité des réactions, est mise en défaut pour certaines réactions en phase gazeuse entre des espèces neutres à très basses températures, comme viennent de le montrer expérimentalement Bertrand Rowe, André Canosa et leurs collègues du Laboratoire d'astrochimie expérimentale de l'Université de Rennes, en collaboration avec le groupe dirigé par Ian Smith, de l'Université de Birmingham. Cette découverte bouleverse la chimie des milieux interstellaires, car les températures qui règnent dans certaines régions de l'espace sont très basses. Elle a aussi valu à ses inventeurs le Prix Descartes, qui récompense chaque année des découvertes issues d'une collaboration européenne.

Avec le froid, les molécules ralentissent et les vitesses des réactions chimiques diminuent. Pourtant, paradoxalement, au-dessous de 20 kelvins, certaines réactions s'accroissent. Ce résultat était prédit par la théorie, mais la démonstration expérimentale tardait. En effet, dans une enceinte d'expérimentation refroidie à dix kelvins, les gaz se condensent sur les parois refroidies, à l'exception d'un très petit nombre d'espèces, notamment l'hydrogène et l'hélium. Collées contre les parois, les espèces ne peuvent plus réagir. Une autre technique permet de refroidir le gaz : il suffit de le détendre à très grande vitesse. On le comprime d'abord dans un réservoir, puis on le laisse s'échapper par un minuscule orifice vers une chambre maintenue sous vide. Le gaz s'écoule à une vitesse supérieure à la vitesse du son et se refroidit à moins de 20 kelvins par une brusque détente. Les

espèces gazeuses sont libres de réagir. Toutefois, cet écoulement gazeux présente des gradients thermiques trop élevés pour que l'on puisse y mesurer des vitesses de réaction.

B. Rowe a créé des écoulements supersoniques uniformes en température, grâce à une technique inspirée des essais de maquettes aéronautiques en soufflerie. Il a placé sur l'orifice un embout, qui fait converger, puis diverger le gaz. En adaptant la forme de la tuyère à chaque gaz, il obtient des écoulements supersoniques uniformes en température sur une longueur de dix centimètres à un mètre. Pour créer les radicaux que l'on souhaite étudier, un laser à impulsions, dirigé sur l'axe de l'écoulement du gaz, casse les molécules précurseurs de ces espèces. Un second laser les excite à intervalles de temps réguliers et des photomètres mesurent la fluorescence, c'est-à-dire l'émission de photons quand le radical se désexcite. Le nombre de photons renseigne directement sur le nombre de radicaux présents. S'ils se réagissent pas, alors le nombre de photons ne varie pas. Sinon, le nombre de photons diminue. Il est proportionnel au nombre de radicaux qui n'ont pas réagi et sert d'indicateur de la cinétique de réaction.

D'après des dizaines d'expériences menées avec différents radicaux, la vitesse de réaction augmente souvent quand la température décroît! Comment l'expliquer? Les vitesses étant plus lentes, les espèces restent plus longtemps à proximité l'une de l'autre, ce qui favoriserait la formation de complexes intermédiaires et des molécules finales.

Ce résultat bouleverse l'astrochimie des milieux interstellaires. Ces milieux sont hétérogènes. Les régions les plus chaudes atteignent une température de près d'un million de degrés Celsius. Elles sont presque désertes. En revanche, dans les régions froides, la température ne dépasse pas 10 kelvins. Ces régions contiennent des nuages denses, qui sont les lieux de naissance des étoiles. Les astronomes y ont répertorié plus de 100 types de molécules. L'hydrogène et l'hélium constituent 99,9 pour cent de la composition, mais des molécules plus complexes, combinant 13 atomes, ont aussi été détectées. Jusqu'à présent, les astronomes pensaient que la chimie interstellaire reposait surtout sur des réactions entre des molécules et des ions provenant de l'ionisation des molécules par les rayons cosmiques. Les expériences menées par les équipes de Rennes et de Birmingham, montrent que de nombreuses réactions entre molécules neutres se produisent. Les expériences se poursuivent, l'enjeu restant de comprendre la formation des molécules de plus en plus complexes.

L'ADN en direct

Première observation du repliement d'une molécule d'ADN en temps réel.

Chez tous les organismes vivants, à l'exception des virus et des bactéries, le matériel génétique est localisé dans le noyau des cellules sous forme de chromatine, une structure complexe qui ressemble à un collier de perles. L'organisation de la chromatine change selon les besoins des cellules : au moment de la division cellulaire, elle se condense sous la forme de chromosomes. À l'inverse, lorsqu'un gène doit être exprimé ou réparé, la chromatine se déplie localement pour faciliter l'accès des protéines chargées d'effectuer ces opérations. Afin de percer les secrets de l'organisation de la chromatine, l'équipe de Jean-Louis Viovy, en collaboration avec celle de Geneviève Almouzni, toutes deux à l'Institut Curie, ont élaboré un dispositif expérimental qui permet de visualiser en temps réel le repliement d'une molécule d'ADN sous forme de chromatine.

Déployée, la molécule d'ADN contenue dans chaque chromosome humain serait capable d'encercler plusieurs milliers de fois le noyau d'une cellule (l'ADN d'un chromosome humain mesure un mètre de longueur). Chaque perle de la structure en collier de la chromatine est nommée nucléosome. Elle est constituée d'une région de l'ADN génomique, enroulée autour d'un cœur formé de huit protéines, les histones. Dans notre système, nous greffons de courts fragments d'ADN (16 micromètres de longueur) par une de leurs extrémités sur une lamelle de microscope. La lamelle sert de base à une petite cuve transparente où l'on



La molécule d'ADN, attachée ici par son extrémité droite, est entraînée par le flux de liquide qui s'écoule de droite à gauche (1). On ajoute alors au liquide des protéines concentrées. L'extrémité libre de la molécule commence à se replier (2) et, au bout de 60 secondes, l'ADN est complètement replié en une pelote compacte de chromatine (3).