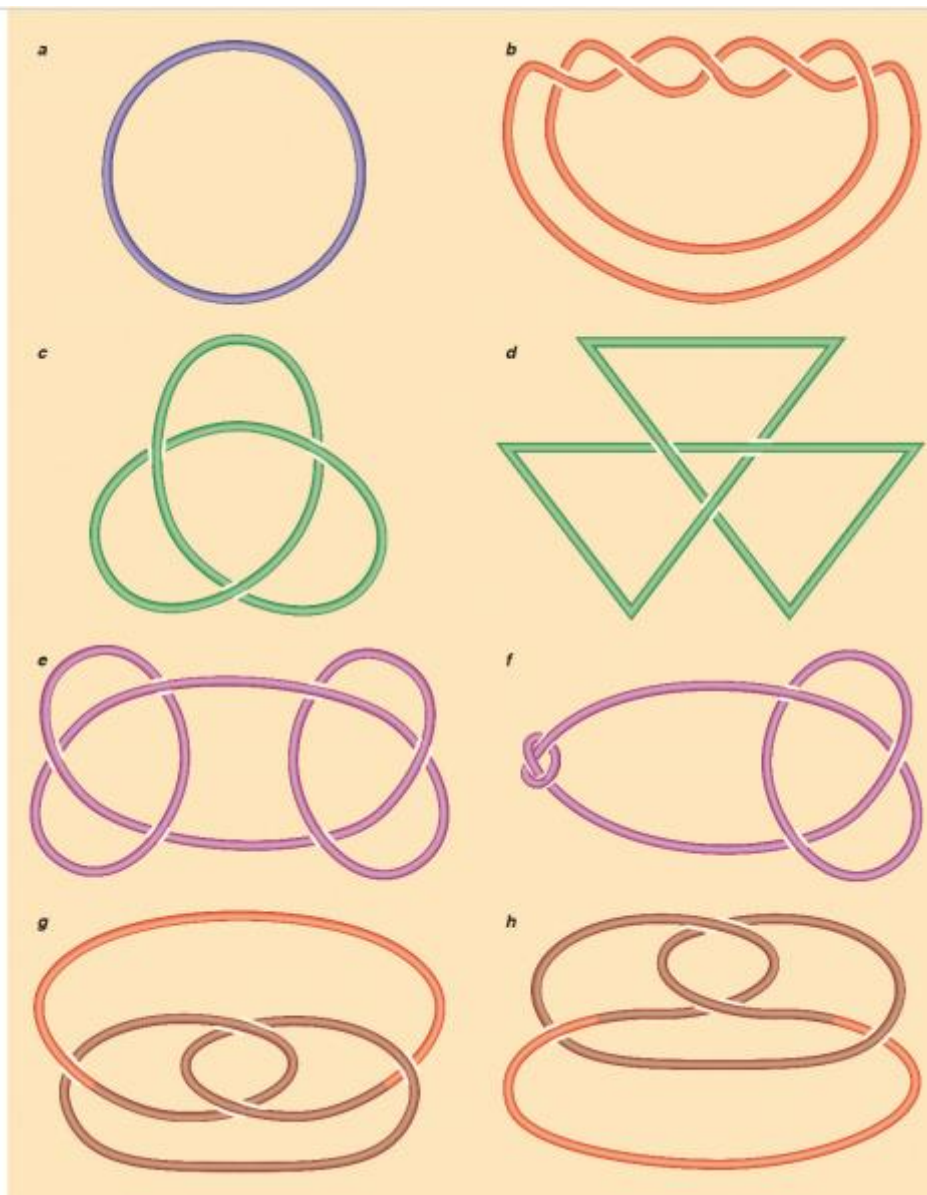
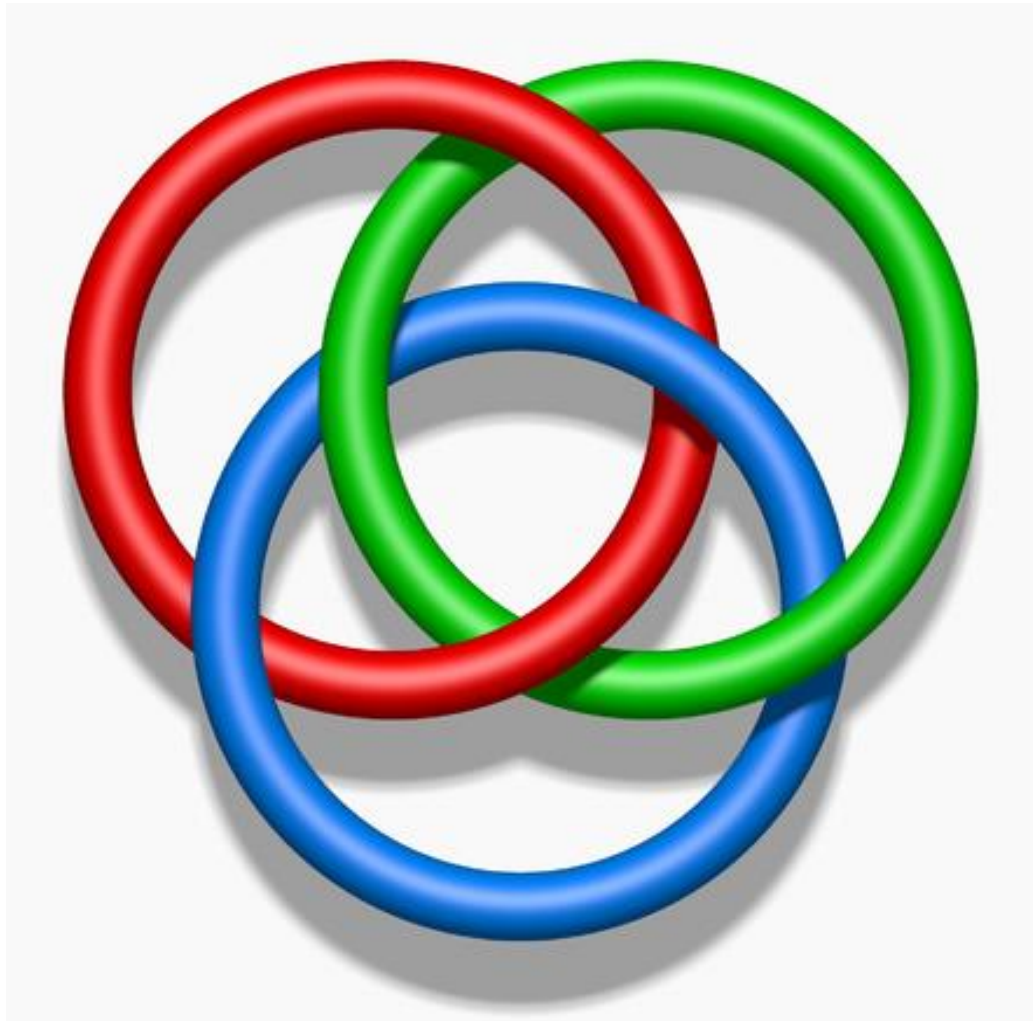


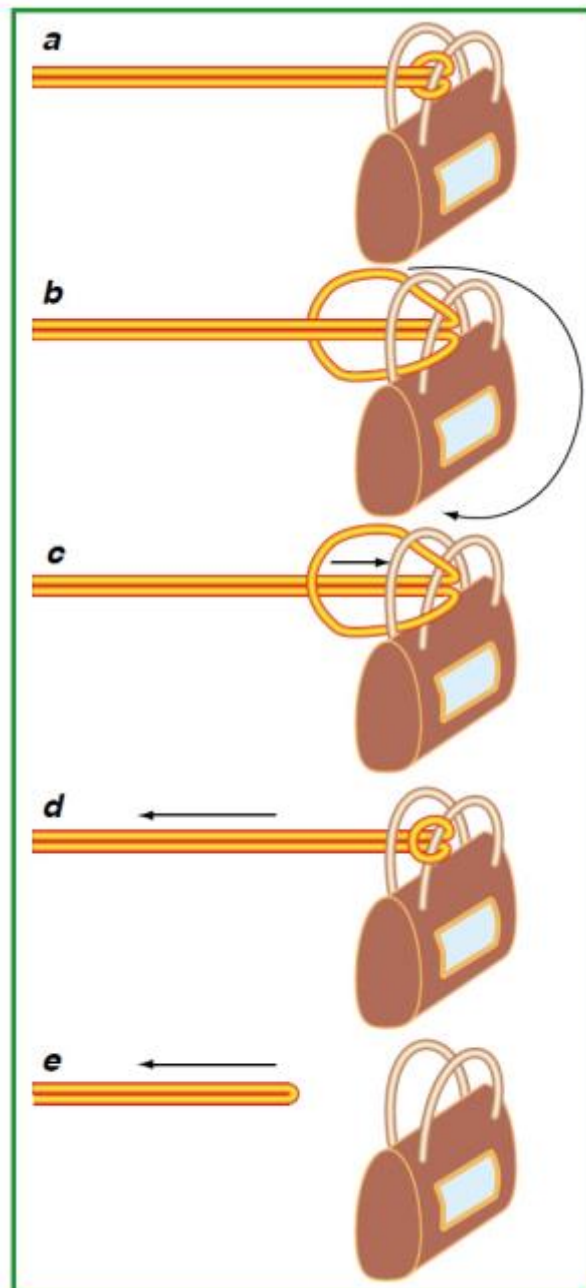
Un nœud est une ligne, tracée dans un espace à trois dimensions, qui commence et finit au même point. Ces figures représentent toutes des nœuds, y compris le cercle (a), associé au nœud trivial, ou non noué. La nature d'un nœud ne dépend ni de la forme, ni de la taille, ni de la position de ses boucles : les nœuds (c) et (d) sont équivalents, ainsi que les nœuds (e) et (f), et les nœuds (g) et (h). En revanche, le cercle (a) semble de nature différente de la courbe nouée (b). La tâche fondamentale de la théorie des nœuds consiste à prouver que de tels nœuds sont bien distincts.



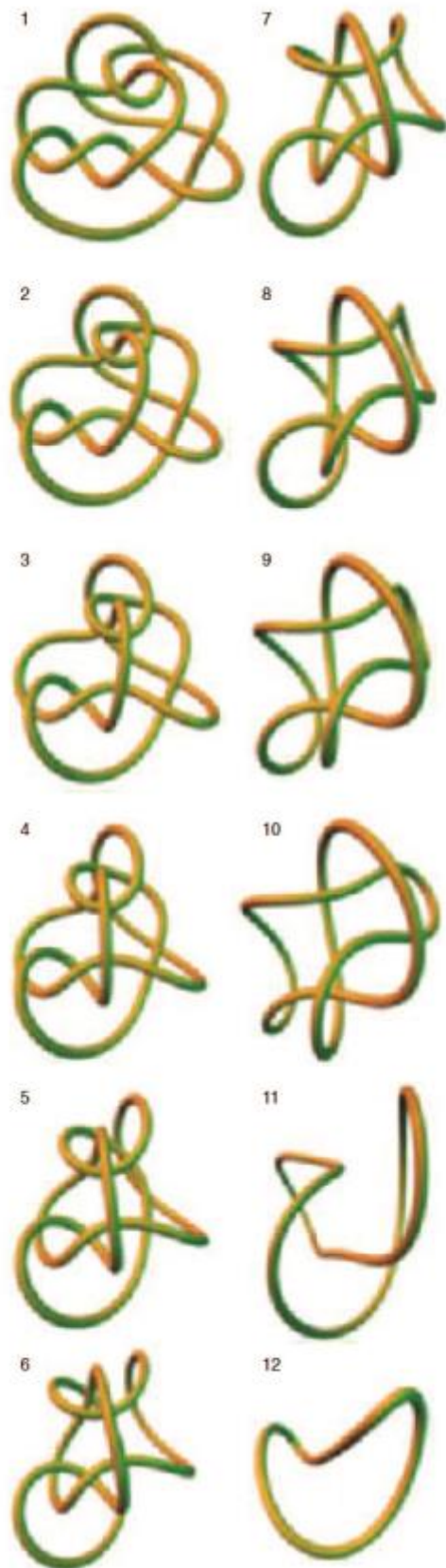
Les nœuds emboîtés comportent plusieurs courbes fermées. Le nœud de Borromée (à gauche) est le plus connu puisqu'il figure sur les armoiries d'une famille italienne, les Borromée. Ce nœud symbolisait la cohésion des trois branches de la famille : si l'on coupe un des trois anneaux, les deux autres se détachent. Le psychanalyste Jacques Lacan utilisait ce nœud pour exprimer l'indissociabilité du réel, du symbolique et de l'imaginaire.



Le sac à main. (a) Notez que la boucle de la double demi-clef passe derrière les deux brins « parallèles ». (b) Tirez la boucle de la double demi-clef parallèlement aux brins, jusqu'à ce qu'elle soit libérée du sac. (c) Faites passer la boucle tout autour du sac ; notez que la position obtenue est celle de (b), mais avec, cette fois, la boucle en avant des brins. (d) Ramenez la boucle vers la position initiale en la faisant glisser le long des brins ; notez que la position obtenue est celle de (a), mais avec la boucle en avant des brins. (e) Le sac est alors libéré.



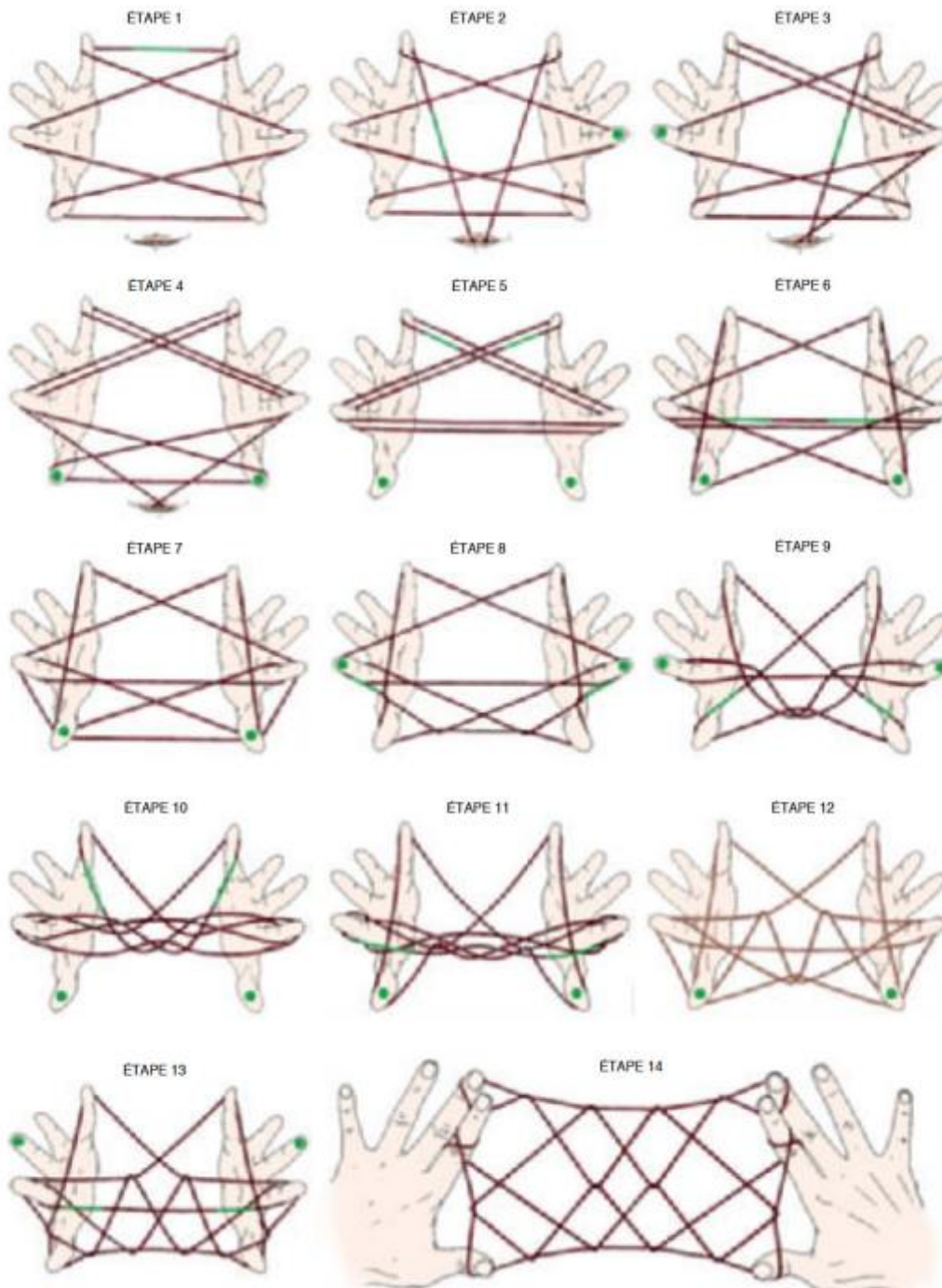
Le noeud 1, par un heureux dénouement, se transforme en un noeud trivial 12.



Le nœud gordien est un nœud légendaire qui liait le timon du char du roi Gordias. Il était dit que quiconque parviendrait à le dénouer deviendrait, selon une prophétie, le maître de l'Asie, ce qu'accomplit Alexandre en le tranchant d'un coup d'épée. L'historien grec Arrien indiquait qu'aucune extrémité n'était visible. Ce pouvait être le nœud trivial et certains auteurs mathématiciens suggèrent une configuration comme celle de la figure. La configuration est ensuite rétrécie par un traitement comme la déshydratation qui réduit sa longueur et son élasticité. Les deux boucles terminales ne sont plus assez longues pour repasser au-dessus des domaines terminaux !



Les eskimos et les indiens Navajos prisait beaucoup les jeux de ficelle et ont inventés la configuration dite des « dix nains ». Certains seront sensibles à la beauté de la configuration, d'autres à la manière dont elle se forment, c'est la différence entre la contemplation et l'explication.



3. Mise en place des dix nains.

Jean-Pierre Sauvage, prix Nobel de Chimie 2016 a su nouer des molécules.

# La topologie moléculaire

Jean-Pierre SAUVAGE

**Des chimistes créent des molécules nouées ou en forme d'anneaux entrelacés. Outre la beauté des molécules, ils en découvrent les nouvelles propriétés, physiques, chimiques, et aujourd'hui dynamiques.**

**E**n ces temps d'images virtuelles, accessibles sur un écran d'ordinateur, le chimiste s'attache à l'esthétique des molécules qu'il manipule ou qu'il synthétise. S'il est vrai que les molécules sont minuscules par rapport à notre monde visuel et tactile (de un à dix nanomètres pour les plus grosses), au moins ont-elles le mérite d'être réelles. En outre, il est aujourd'hui possible de les visualiser au moyen de techniques d'imagerie performante, telles que la résonance magnétique nucléaire ou l'analyse des cristaux par rayons X.

Qu'entend-on par l'esthétique des molécules? En tout domaine, la beauté est difficile à définir. Elle l'est encore plus en chimie, car le chimiste est souvent le seul à contempler ses molécules. On peut définir deux catégories d'objets moléculaires : les composés de synthèse, fabriqués par l'homme, et les molécules ou assemblées moléculaires naturelles. Les critères de «beauté» des molécules varient selon la catégorie à laquelle elles appartiennent. Ainsi on admire un édifice moléculaire naturel, parce qu'il remplit une fonction biologique essentielle, ou parce que sa compréhension a coûté un effort scientifique hors du commun.

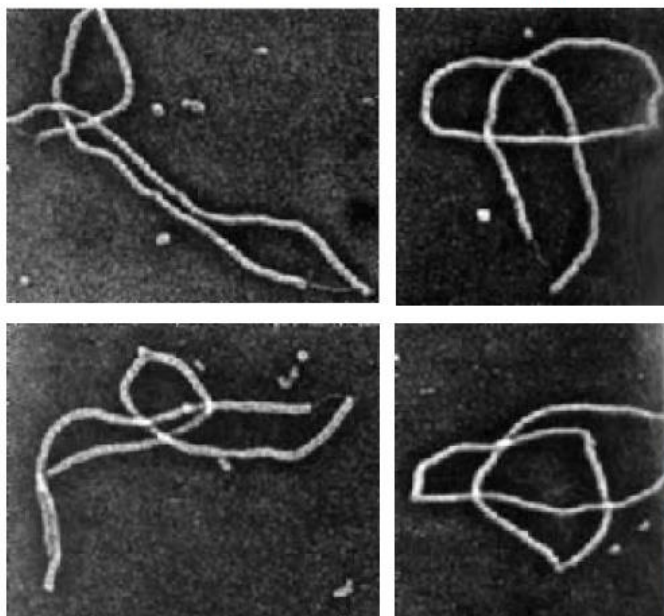
L'esthétique d'un objet d'art non figuratif résulte souvent de ses propriétés de symétrie, sources d'harmonie. Aussi la symétrie est-elle une caractéristique constante des belles molécules, naturelles ou artificielles. Une autre voie de la recherche esthétique d'un objet est l'étude de sa topologie. La topologie d'un objet ne dépend pas de

sa forme précise, et reste invariante par des déformations continues, aussi importantes soient-elles. Seules les déchirures de surface et les coupures de liens, qui permettent le passage d'une partie de l'objet d'une région vers une autre, modifient sa topologie. Ainsi on ne peut séparer deux boucles entrelacées qu'en coupant l'une des boucles.

Notre monde macroscopique regorge d'anneaux noués ou entrelacés.

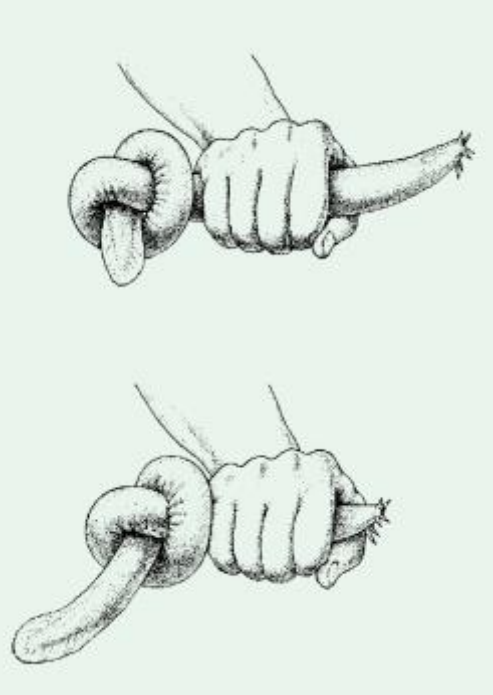
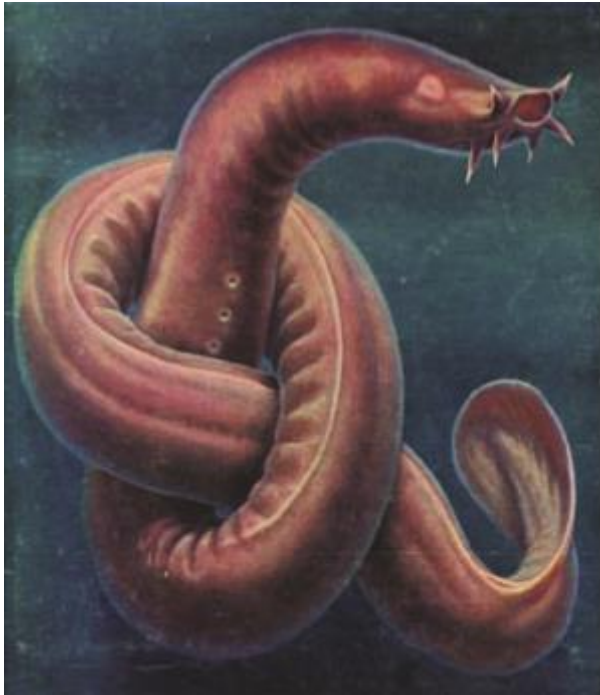
Même à l'échelle nanoscopique, depuis des millions d'années, la Nature fabrique des objets qui présentent des topologies étonnantes : comme le montrent des clichés spectaculaires de microscopie électronique, les molécules d'ADN et les protéines s'entrelacent et se nouent (voir la figure 1).

Notre fascination pour ces objets nous incite à les recréer à l'aide de molécules artificielles. En outre, ce défi de synthèse éprouve nos méthodes et nos concepts d'assemblages moléculaires. Enfin tout nouveau système moléculaire présente *a priori* des propriétés nouvelles et des applications potentielles, qu'elles soient physiques ou chimiques. Par notre quête, nous espérons susciter de nouvelles applications ou, au moins, des extensions vers d'autres domaines scientifiques.



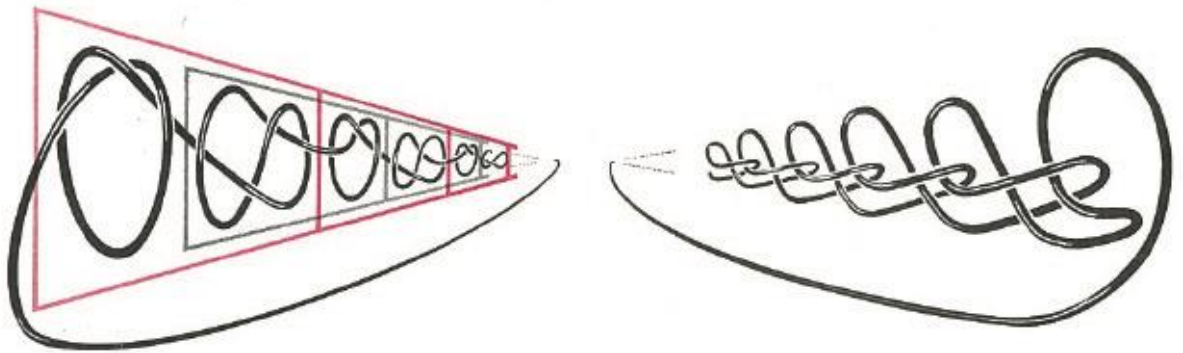
**1. MOLÉCULES D'ADN NOUÉES EN NCEUD DE TREFLE**, observées en microscopie électronique par J. D. Griffith et H.A. Nash.

La myxine appartient à la famille des lamproies. Elle n'a pas de mâchoire, mais possède des tentacules autour d'une bouche ronde, et une langue râpeuse. Pour se défendre, elle s'enduit d'une sécrétion visqueuse, qui la rend glissante, et elle noue son corps pour augmenter sa force de levier, soit pour échapper à l'emprise d'un prédateur, soit pour déchiqueter plus facilement ses proies.





Un nœud n'a pas d'inverse ! Une suite infinie de nœuds est considérée par les mathématiciens comme un nœud unique. Pour démontrer (a) que la composition de deux nœuds ne peut donner le nœud trivial  $E$ , on commence par supposer le contraire. En associant les nœuds d'une première façon (rectangles rouges), puis d'une deuxième façon (rectangles gris), on montre que le nœud A doit être le nœud trivial, et que le nœud B l'est aussi : la composition de deux nœuds ne peut être le nœud trivial que si les deux nœuds sont les nœuds triviaux. Vous ne pouvez pas dénouer un nœud en ajoutant un nœud.



Enfin le problème que je ne sais pas résoudre. Les lignes de champ magnétique sont-elles nouées quand on dénoue le nœud de l'aimant ?

