

quences de 0 et de 1, et il la manipule grâce à l'unité de calcul. N'importe quelle façon de stocker l'information et n'importe quel jeu d'instruction suffisent.

Suffisent à quoi? À effectuer n'importe quel calcul. Pour synthétiser un ADN complémentaire ou pour déterminer des coups aux échecs, il suffit de stocker la bonne information et d'appliquer la bonne séquence d'opérations, c'est-à-dire d'exécuter un programme. Or, l'ADN est un excellent système de stockage de l'information : les cellules l'utilisent depuis des milliards d'années pour stocker le modèle de la vie. Les enzymes telles que les polymérases et les ligases agissent sur cette information. Était-ce suffisant pour construire une machine à calculer universelle? Grâce aux mathématiciens des années 1930, je savais que oui.

Le problème du chemin hamiltonien

Quel problème résoudre? Il ne devait pas être inventé spécialement pour la machine, et il devait démontrer les possibilités de cette nouvelle manière de calculer. J'ai choisi de résoudre le problème du chemin hamiltonien, une variante du problème du voyageur de commerce.

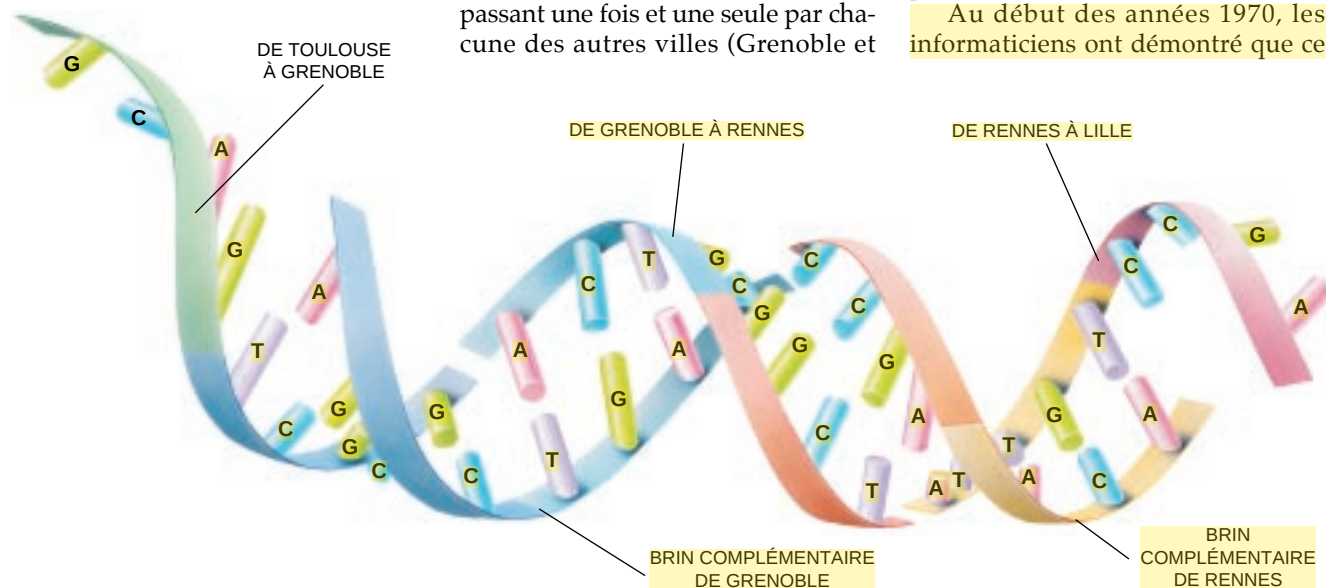
Les chemins hamiltoniens sont dus à William Rowan Hamilton, qui était astronome royal en Irlande, au milieu du XIX^e siècle. Le problème qui porte son nom est décrit dans l'encadré de la page 58 : soit une carte (graphe) où figurent des villes reliées par des vols sans escale (chemins orientés). Par exemple, on peut aller de Grenoble à Rennes, mais pas de Rennes à Grenoble. On cherche le chemin qui part de Toulouse (le sommet de départ) et se termine à Lille (le sommet d'arrivée) en passant une fois et une seule par chacune des autres villes (Grenoble et

Rennes). Un tel trajet est un chemin hamiltonien. Dans cet exemple, on voit rapidement qu'un seul chemin hamiltonien relie Toulouse à Lille ; c'est : Toulouse, Grenoble, Rennes, puis Lille. Entre Lille et Toulouse, il n'existe pas de chemin hamiltonien.

Plus généralement, étant donné un graphe orienté, un sommet de départ et un sommet d'arrivée, alors il existe un chemin hamiltonien si et seulement s'il existe un chemin qui passe par tous les sommets exactement une fois. Le problème du chemin hamiltonien est la recherche de ce chemin.

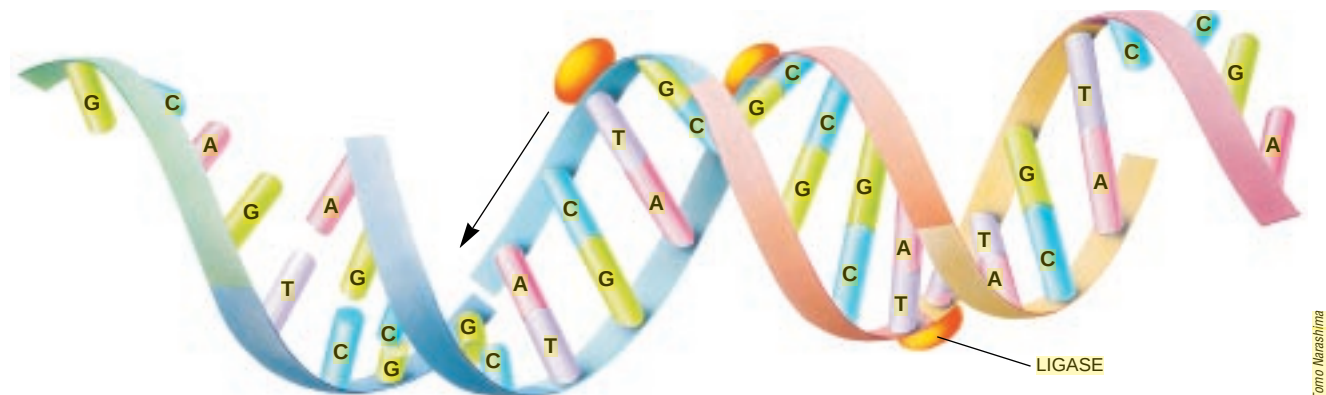
Ce problème a été très étudié par les informaticiens, mais aucun algorithme efficace (c'est-à-dire rapide) n'a été trouvé. On connaît des graphes de moins de 100 sommets pour lesquels, même en utilisant le meilleur algorithme et le meilleur ordinateur, la résolution du problème du chemin hamiltonien prendrait des centaines d'années.

Au début des années 1970, les informaticiens ont démontré que ce



2. L'ASSOCIATION DE MOLÉCULES D'ADN par appariement des C et des G, des A et des T conduit à un brin d'ADN représentant les vols (ici de Toulouse à Grenoble, de Grenoble à Rennes, et de Rennes à

Lille). Ces brins sont appariés à d'autres brins qui codent le complémentaire du nom des villes (ici Grenoble et Rennes). Des centaines de milliards d'appariements se produisent chaque seconde.



3. LES LIGASES RELIENT des molécules. Chaque fois que ces protéines trouvent deux molécules d'ADN à proximité, elles déclen-

chent une réaction des deux extrémités et relient les deux molécules en une seule par une liaison covalente.

