

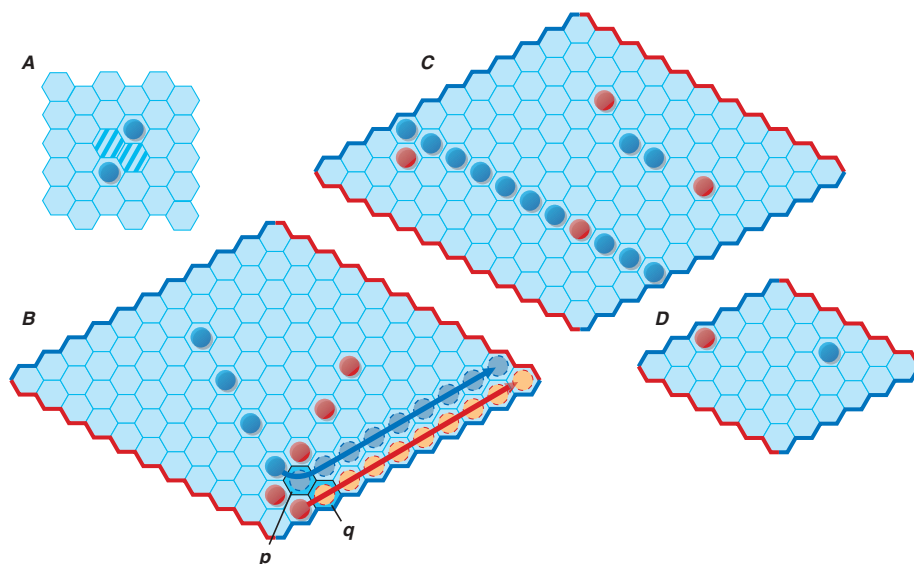
Si c'est le cas et si le second joueur ne peut forcer la victoire, c'est que seul le premier le peut. Ainsi, il existe une stratégie gagnante pour le joueur qui dépose le premier pion.

Cette démonstration semble partir Hex de tout intérêt. Pensez donc, un jeu où le deuxième joueur n'a jamais sa chance ! Toutefois, montrer l'existence d'une stratégie gagnante ne revient pas à la découvrir. La stratégie que doit appliquer le premier joueur pour gagner n'est connue que pour un losange d'une dimension maximale de 7×7 . À partir de 8×8 , le joueur qui ouvre le jeu sait qu'en principe il peut gagner à coup sûr, mais il ignore comment. Si, malgré cela, le second joueur trouve cette dissymétrie injuste, il est toujours possible de parfaire Hex en ajoutant une règle : après le premier coup, le deuxième joueur peut décider de remplacer le premier pion par l'un des siens au lieu d'occuper une cellule libre. De cette façon, le premier joueur à déposer un pion sur le jeu ne sait pas d'avance s'il conservera son avantage théorique.

Analyser à fond Hex occuperait ces colonnes pendant cinq ans. Aussi, vais-je me limiter à deux aspects supplémentaires. Le premier est qu'il n'est pas nécessaire qu'une cellule soit occupée pour qu'elle joue un rôle stratégique. La figure 2a illustre un pont où deux pions bleus, qui ne se touchent pas, sont séparés par deux cellules vides. Aussi longtemps qu'aucune des cellules intermédiaires n'est occupée par un pion rouge, les pions bleus sont déjà quasiment reliés. En effet, si le joueur qui joue les rouges fait une tentative et occupe une des deux cases vides intermédiaires, son adversaire n'a qu'à occuper l'autre pour établir la liaison. Les joueurs d'Hex essaient souvent de construire de tels ponts. Ces derniers n'ont pourtant rien d'imparable. Un pont bleu, par exemple, peut être défait si les rouges parviennent à occuper l'une quelconque des cellules intermédiaires par un coup qui déclenche dans le même temps une menace, contre laquelle les bleus devront impérativement réagir. Le mieux est donc d'empêcher votre adversaire de construire trop de ponts.

De surcroît, on doit avoir bien compris que la solidité d'une chaîne se mesure à celle de son maillon le plus faible. Que faire si votre adversaire peut s'attaquer à votre chaîne avec de grandes chances de succès ? Le plus habile est de renforcer le maillon le plus faible ou d'attaquer l'une des chaînes de votre adversaire. Soyez astucieux et dissimulez vos intentions en vous rapprochant insidieusement du maillon faible de la chaîne de votre adversaire.

Une tactique plus compliquée met en jeu la construction d'échelles, lesquelles



2. La tactique de base au jeu d'Hex consiste à bâtir un pont, c'est-à-dire à disposer d'un bord à l'autre une succession de pions dans une série de cases non adjacentes (A). Plus élaborées sont les constructions d'échelles (B). Dans l'exemple illustré en figure C, le joueur des rouges gagne. Finalement, deux problèmes sont proposés aux lecteurs dans les figures C et D. Le tour est aux rouges. Quel coup leur garantit la victoire ?

se forment lorsque l'un des joueurs tente de créer une connexion à proximité de l'un des côtés. La figure 2b montre un départ d'échelle, alors que c'est aux bleus de jouer. Les bleus n'ont aucune autre option que celle qui consiste à jouer la cellule *p*, sinon, les rouges gagnent. Les rouges jouent alors *q*. Si les bleus continuent à tenter d'établir une connexion vers le côté (bleu), les rouges ne peuvent que les bloquer. Deux lignes (une bleue et une rouge) se dessinent parallèlement au bord bleu. Ce faisant, ils progressent vers le bord rouge opposé, et les rouges finissent par gagner. Cet exemple illustre pourquoi on doit anticiper la formation des échelles afin de les bloquer dès qu'elles commencent. Ainsi, si les bleus avaient placé un pion près du bord plus tôt dans le jeu, ils auraient automatiquement gagné la confrontation.

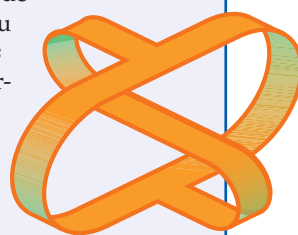
On peut citer d'autres variations sur le jeu d'Hex. La variante en Y, par

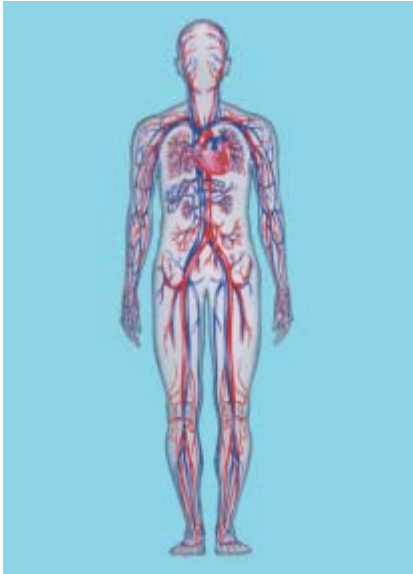
exemple, se joue sur un jeu qui a une forme triangulaire, et l'on doit alors relier les trois côtés par une même chaîne. Comme dans le cas du jeu de base (losange 11×11), on ne connaît de stratégie gagnante que pour les jeux n'ayant qu'un petit nombre de cases. Hex peut aussi se jouer sur une sphère pavée d'hexagones et de pentagones (voir la figure 1) ; le gagnant est le premier joueur qui parvient à entourer d'une chaîne une ou plusieurs cellules (vides ou occupées par l'adversaire).

Pour finir, j'ai préparé deux problèmes pour les lecteurs qui veulent poursuivre leur découverte du jeu d'Hex. Le premier est illustré sur la figure 2c ; il provient de l'article original de Hein sur le jeu. Il consiste à trouver quelle case les rouges doivent jouer pour s'assurer la victoire. Si c'est trop facile, en voici un autre (voir la figure 2d) : quel coup est gagnant pour les rouges ?

Réactions

L'article du mois de mai de cette rubrique présentait une élégante surface à seulement un côté et une face, que Monsieur Josiah Manning, de la ville d'Aurora, dans le Montana, m'avait envoyée. Je vous avais demandé si cette surface était topologiquement équivalente à celle d'un ruban de Möbius. André Gramain, de l'Université de Tours, a répondu que le problème est résolu dans son livre *Topology of Surfaces* (BCS Associates, Moscow, Idaho, 1984). Il explique que la surface présentée par Manning est topologiquement équivalente à une bouteille de Klein avec un trou. Pour sa part, un ruban de Möbius est équivalent à un plan projectif avec un trou. La bouteille de Klein et le ruban de Möbius n'étant pas équivalents, les deux surfaces sont topologiquement distinctes.





Des ondes dans les artères

ROLAND LEHOUCQ • JEAN-MICHEL COURTY

L'étude de la façon dont les ondes se propagent dans un tuyau souple révèle l'importance de l'élasticité artérielle.

Le sang est avant tout un liquide qui se déplace dans un tuyau, et le pouls un onde qui s'y propage. Pour schématiser ce point de vue de physicien, il a l'intérêt de révéler les grandes contraintes que subit le système cardio-vasculaire. Les risques que signifie le vieillissement des artères deviennent alors plus clairs.

UN RÉSEAU COMPLEXE

Le système vasculaire d'un adulte est un réseau de tubes dans lesquels circulent environ cinq litres de sang. Envoyé dans les artères, le sang traverse les vaisseaux capillaires avant de revenir au cœur par les veines. Les capillaires irriguent les organes; ils sont donc fins et nombreux, d'un diamètre compris entre 5 et 10 micromètres. L'écoulement d'un liquide visqueux à travers des tubes aussi petits ne se fait pas sans résistance. Pour que le sang circule quand même, la pression à l'entrée des capillaires – la pression artérielle – doit

être supérieure à la pression à la sortie des capillaires – la pression veineuse.

C'est la pompe cardiaque qui assure cette différence. Le cycle qu'elle suit alterne des phases pendant lesquelles le débit sortant est nul (le cœur se gonfle), et des phases pendant lesquelles le débit est maximal (le cœur se contracte). Le liquide vital ne circule donc pas en continu : il est remis en mouvement à chaque pulsation, de sorte que la pression artérielle, elle aussi, suit des variations périodiques. Elle augmente lorsque le cœur se contracte et diminue quand il se gonfle.

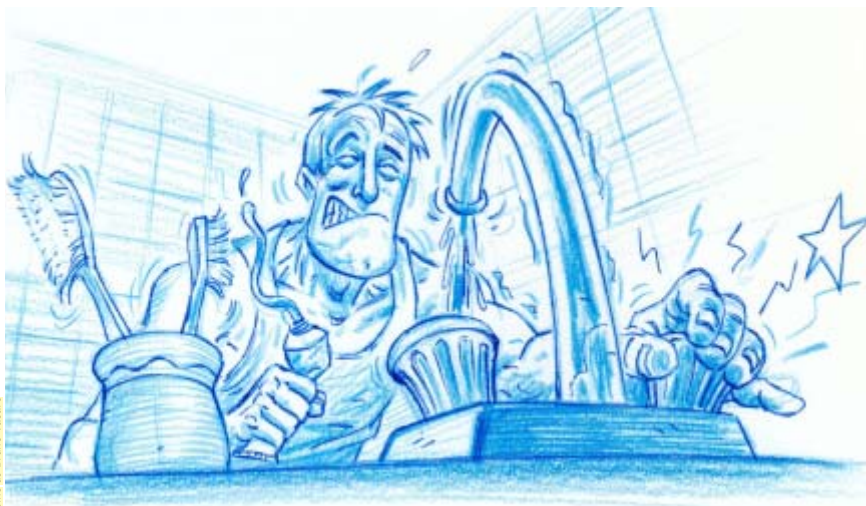
Pour nous aider à étudier la circulation du sang, examinons au préalable une situation plus simple : la mise en mouvement d'un fluide au repos dans un tube rigide. Le contenu d'une canalisation domestique, par exemple, ne se met pas en mouvement instantanément. L'ouverture d'un robinet se ressent avec retard à une extrémité éloignée, parce qu'une onde de pression doit d'abord se propager. Tout comme le son, cette onde est

une onde de pression longitudinale, qui transmet de proche en proche les modifications de pression.

LE COUP DE BÉLIER

Un phénomène souvent observé met en évidence plusieurs des propriétés des ondes longitudinales de pression. Avez-vous déjà lutté contre la manette d'un vieux robinet grippé? La main veut lui imprimer un mouvement de rotation, auquel elle résiste, avant de céder brusquement. Nous ressentons alors un choc dans le bras. Un bruit se fait entendre, saccadé, comme si quelqu'un tapait au marteau quelque part sur la canalisation. Que s'est-il passé? Âgé, donc desséché, le joint en caoutchouc s'est raidi, de sorte qu'il se décolle d'un seul coup à l'ouverture du robinet. L'eau se met alors à couler et nous ressentons un choc : «le coup de bélier». L'écoulement soudain d'un liquide crée une dépression, laquelle se propage dans le réseau sous la forme d'une onde de choc, qui va jusqu'à un endroit où elle se réfléchit (coude, jonction entre tuyaux, etc.) Ces réflexions se font en cascade, c'est-à-dire que l'onde réfléchie revient au robinet, rencontre le joint, le recolte, ce qui provoque un nouveau choc, etc. Il en résulte un bruit répété. Dans certaines conditions, par exemple lorsque le robinet est entrouvert, sa fermeture engendre une nouvelle onde, dont l'existence se traduit par l'émission d'une succession de coups sourds ou d'un son grinçant. Toutes ces péripéties contrastent avec la facilité qui accompagne l'ouverture d'un robinet neuf. La souplesse du joint assure une variation de pression progressive, laquelle évite tout choc.

Lors de la propagation, la variation de pression due à l'onde est égale au produit de la vitesse de déplacement du fluide par la racine carrée du rapport entre la masse volumique et la compressibilité



Dessins de Bruno Vacaro

Avez-vous déjà ouvert un robinet grippé? Vous forcez, puis brusquement il cède. Une bruyante onde de choc se propage alors dans la canalisation et dans votre bras : le coup de bélier.