

Cette dernière situation est la plus fréquente, d'une part parce qu'il y a des corps sans solution et d'autre part parce qu'il arrive souvent qu'un point de départ conduise à une boucle même quand il existe une solution. La phrase sans e n'a pas été trouvée une seule fois par le programme, bien qu'il ait essayé 200 000 points de départ.

Il arrive aussi que l'on ne trouve pas de solution parce que l'on n'a pas poussé assez loin les itérations : certaines solutions n'apparaissent qu'après plus de 10 000 itérations. Dans la plupart des cas, on les trouve toutefois avant 5 000 itérations, et souvent avant 2 000. Par ailleurs, une solution obtenue après beaucoup d'itérations pour un point de départ peut l'être avec bien moins d'itérations pour un autre point de départ. Il est donc préférable d'augmenter le nombre de points de départ et de diminuer le nombre d'itérations.

Avec des valeurs assez grandes pour les nombres de points de départ et d'itérations, le programme trouve au moins une solution pour plus de la moitié des corps. Le nombre total de solutions est encore plus élevé à cause des solutions multiples : il vaut environ trois quarts du nombre de corps essayés.

Ces méthodes réussissent parce que, l'expérience le montre, la probabilité est grande qu'il existe une solution pour un corps quelconque. Elles sont toutefois inefficaces pour trouver une phrase sans e, parce qu'il est très improbable qu'un corps conduise à une telle solution : on ne peut utiliser qu'à peine la moitié des nombres inférieurs à 30 (et aucun au-delà), et la probabilité que tous les 18 nombres cherchés soient dans cet ensemble est faible. Aussi ai-je construit sans l'aide de l'ordinateur la phrase sans e citée plus haut. J'ai d'abord choisi les nombres affichés pour chaque lettre. En enlevant les lettres de ces nombres de l'ensemble des lettres décrit par ces mêmes nombres, j'ai obtenu l'ensemble des lettres du corps : si je décide que la phrase contiendra cinq q, j'enlève une unité pour le q qui est dans cinq que je viens d'affecter à q ; le corps de la phrase contiendra quatre q (dont la lettre isolée). J'enlève aussi un des quantités affectées aux lettres c, i et n. Ayant ainsi obtenu les lettres du corps, j'ai recherché un anagramme constituant une phrase correcte au point de vue de la syntaxe et du sens. Mon choix initial des nombres affichés a été guidé par les fréquences des lettres en français, afin de maximiser mes chances de résoudre ensuite l'anagramme.

«Au fond, est-ce bien utile de savoir que cette phrase contient cinq a, deux b, huit c, huit d, vingt e, quatre f, cinq g,

six h, vingt-deux i, un j, un k, deux l, un m, vingt-deux n, cinq o, trois p, sept q, cinq r, huit s, dix-neuf t, vingt u, six v, un w, huit x, un y et enfin un z?» De nombreux problèmes du monde réel, à cause de liens très étroits entre différents domaines, ont les mêmes caractéristiques que la construction de phrases réflexives : chaque action a des répercussions importantes sur la situation et détruit ce qui était satisfaisant.

L'évolution des espèces, par exemple, est mue par un tel mécanisme, selon l'hypothèse de la Reine Rouge proposée par Leigh Van Valen : si l'une des espèces qui exploitent un milieu évolue dans le sens d'une meilleure adaptation, accroissant ainsi son succès reproductif, elle diminue la qualité de l'adaptation des autres espèces. Ces dernières évoluent alors pour survivre, annulant ainsi l'avantage de la première. De même, la protection d'un carnivore devenu rare dans un milieu naturel a des répercussions sur la survie de ses proies, qui peuvent à leur tour se raréfier exagérément. Les hommes politiques veulent tous relancer l'économie et réduire le chômage : ils prennent une mesure qui paraît raisonnable pour le but cherché, mais qui a des conséquences imprévues et néfastes sur d'autres points ; cela les oblige à prendre une autre mesure pour y remédier, mais cette nouvelle mesure a des conséquences négatives pour le but initial. Il serait intéressant de trouver des méthodes efficaces pour résoudre de tels problèmes.

En outre, la méthode utilisée donne de bien meilleurs résultats que ce que nous attendions. Capte-t-elle une régularité encore inconnue du problème, voire du monde ? Y a-t-il d'autres problèmes pour lesquelles une méthode analogue obtient des succès contre toute attente ? Le succès est-il dû à l'utilisation d'un mécanisme évolutif, où l'on corrige systématiquement les erreurs décelées sans se préoccuper des conséquences souvent néfastes de ces corrections ? Nous sommes surpris, et il est toujours utile de réfléchir pour comprendre les raisons d'une surprise.

Jacques PITRAT est directeur de recherche CNRS au Laboratoire d'informatique de l'Université Paris 6.

Jacques PITRAT, *Ce titre contient quatre a, un b, cinq c...*, rapport de recherche 96 / 26 du LAFORIA (Paris 6). Ce rapport contient le listing du programme C qui a créé ces phrases réflexives. Il est téléchargeable à l'adresse <http://www.apa.lip6.fr/META/pitrat.html>

Douglas HOFSTADTER, *Ma Thémagie*, InterEditions, 1988.

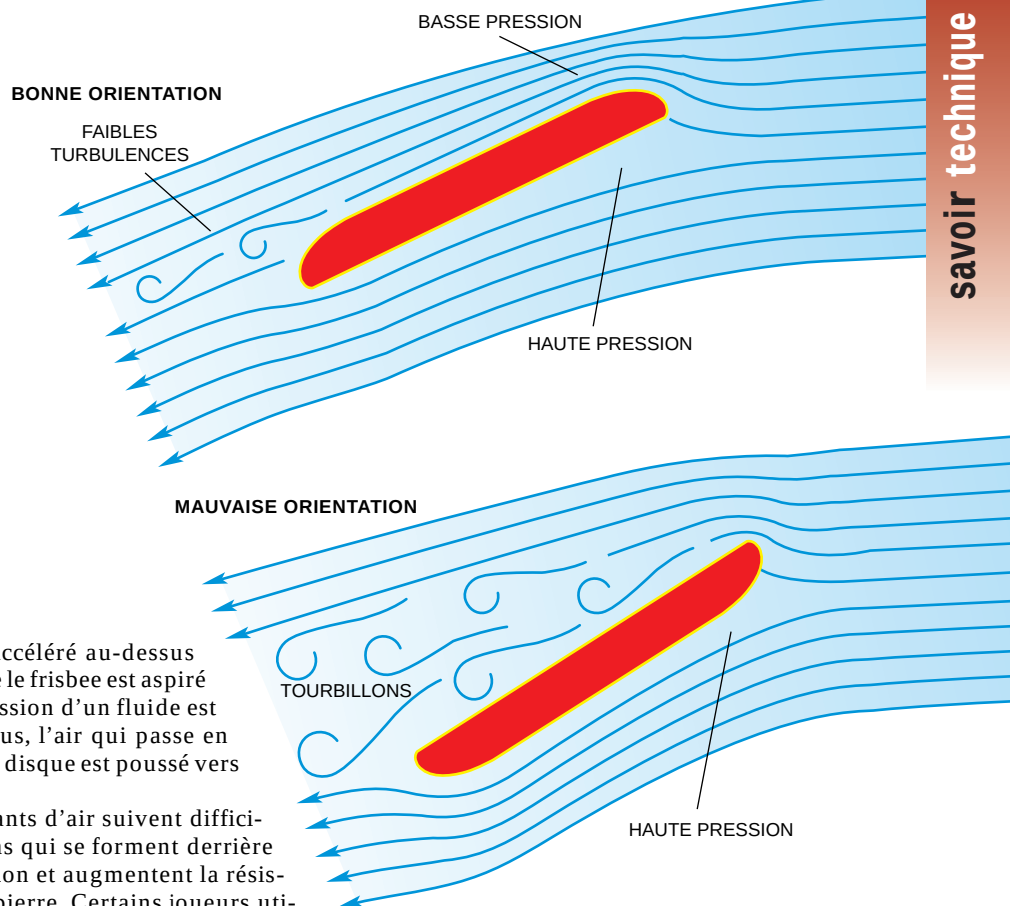
Le vol du frisbee

LOUIS BLOOMFIELD

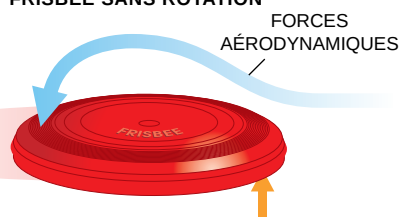
Les frisbees modernes ne ressemblent plus beaucoup aux plats à tarte de la Société *Frisbie Pie* et que s'amusaient à lancer les étudiants et les militaires américains il y a plusieurs décennies. Cependant, les mêmes phénomènes assurent la sustentation des deux objets : la poussée aérodynamique s'ajoute à l'effet gyroscopique.

EN VOL, le disque fend l'air : celui-ci est accéléré au-dessus du frisbee (filets d'air resserrés), de sorte que le frisbee est aspiré vers le haut (selon la loi de Bernoulli, la pression d'un fluide est réduite quand la vitesse augmente). De plus, l'air qui passe en dessous du disque est dévié ; par réaction, le disque est poussé vers le haut.

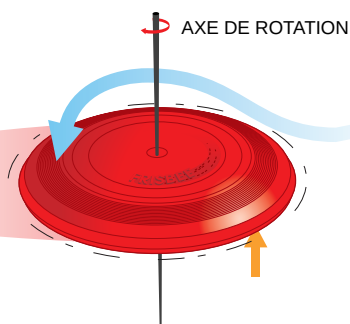
Un frisbee vole mal à l'envers, car les courants d'air suivent difficilement une surface concave. Des tourbillons qui se forment derrière le frisbee détruisent le phénomène de succion et augmentent la résistance à l'air : le frisbee tombe comme une pierre. Certains joueurs utilisent cet effet pour des lancers difficiles à rattraper.



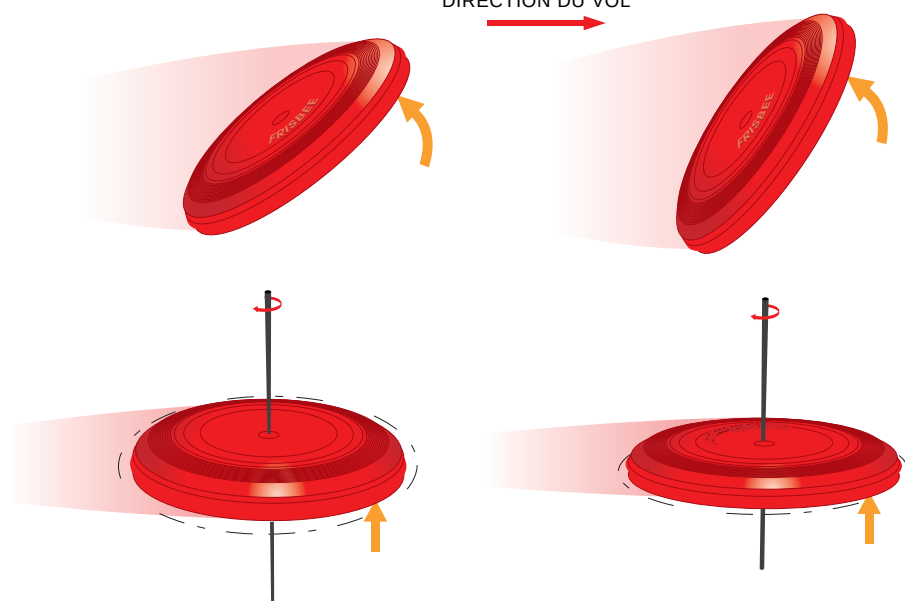
FRISBEE SANS ROTATION



FRISBEE EN ROTATION



DIRECTION DU VOL



LA ROTATION joue un rôle crucial. Sans elle, même un frisbee bien orienté oscille et tombe comme une feuille morte, car les forces aérodynamiques ne sont pas parfaitement centrées : la succion est plus importante à l'avant du frisbee, qui peut se relever et se retourner. En revanche, un frisbee en rotation maintient longtemps son orientation grâce à l'effet gyroscopique, que l'on observe nettement quand on soulève l'avant d'un vélo et qu'on fait tourner la roue avant : on tourne alors difficilement le guidon, la rotation

s'oppose aux couples qui tendent à changer le plan de rotation de la roue.

La silhouette adaptée d'un frisbee place les forces ascensionnelles presque en son centre. Plus épais, les bords du disque augmentent le moment cinétique – donc la stabilité –, tandis que les rainures à la surface du frisbee produisent des turbulences microscopiques dans l'air. Ces turbulences maintiennent les courants d'air supérieurs collés à la surface du frisbee et lui permettent de s'envoler plus loin.

