

Racines carnivores

Des feuilles souterraines attirent et engloutissent des micro-organismes.

Les plantes insectivores utilisent des structures dont l'étrangeté étonne les botanistes : feuilles à charnière, pièges collants... Wilhelm Barthlot et ses collègues de l'Institut botanique de Bonn ont étudié l'espèce *Genlisea* et démontré que ses feuilles absorbent les protozoaires (des micro-organismes unicellulaires).

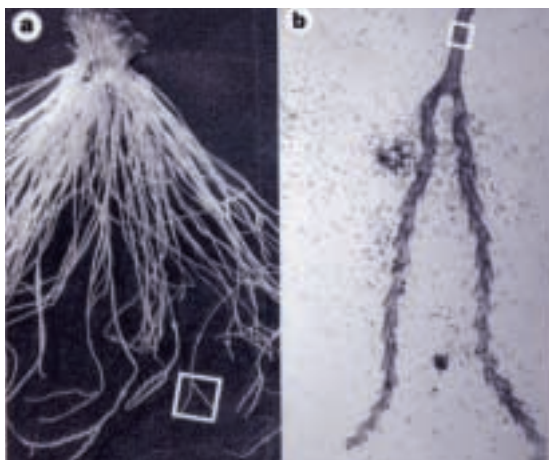
Cette démonstration met fin à une longue quête : Darwin, déjà, s'était demandé si ces plantes devaient être regroupées avec les espèces qu'il avait signalées dans son traité des plantes insectivores, mais il n'avait pas prouvé qu'elles ingurgitaient des animaux. Et, tandis que les botanistes et entomologistes portaient à 450 le nombre de plantes insectivores, le mystère de *Genlisea* demeurait, lancinant.

W. Barthlot et ses collègues ont appris à cultiver *Genlisea*, afin de l'étudier. Ces

plantes forment une rosette de trois centimètres de diamètre, au ras du sol, avec des feuilles fines ou spatulées ; leurs fleurs, jaunes ou violettes, sont portées au bout d'une tige qui atteint une vingtaine de centimètres de hauteur. Sous la rosette, un faisceau s'enfonce à plus de 15 centimètres, mais ces structures ne sont pas des racines : ce sont des feuilles souterraines, sans chlorophylle, dont la partie inférieure est ramifiée, formant un canal dont le diamètre atteint 200 micromètres ; les branches inférieures portent des ouvertures tapissées de rangées de poils et de glandes.

Que sont ces structures ? Darwin y avait vu des pièges à insectes, et ses successeurs y avaient trouvé des restes d'araignées, mais les botanistes de Bonn ont jugé que des insectes seraient trop gros pour être piégés. Des protozoaires, en revanche, pouvaient-ils être les proies de *Genlisea* ? Pour tester l'hypothèse, les botanistes ont mis en contact des *Genlisea* avec des micro-organismes ciliés,

tels *Blepharisma americana*, dans des boîtes de Pétri : les protozoaires ont été attirés par les feuilles modifiées et, quelques minutes après, plusieurs d'entre eux y étaient piégés. Les ciliés ayant absorbé préalablement des composés contenant un isotope radioactif du soufre, les botanistes ont montré que le soufre des ciliés avait ultérieurement été intégré aux tissus des plantes.



La rosette de feuilles aériennes de *Genlisea* (en haut, sur l'image de gauche) surmonte des structures souterraines, ramifiées à leur base (à droite). Ces structures piègent des micro-organismes.

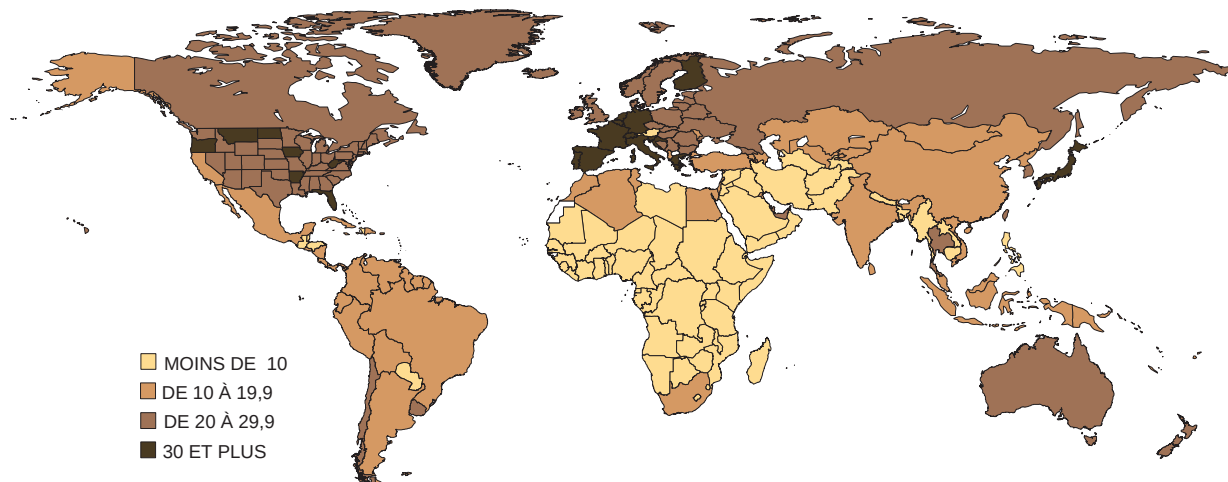
L'avenir des personnes âgées

Pour connaître l'avenir de la population mondiale, regardons l'Europe, où la fécondité est faible et où le nombre de personnes âgées augmente. En France, par exemple, 20 pour cent de la population a plus de 60 ans et, si la fécondité n'augmente pas, cette proportion dépassera 30 pour cent en 2025.

La France, comme les autres pays d'Europe de l'Ouest et le Japon, est à l'avant-garde de la transition démographique qui accompagne le développement des sociétés industrielles. Si les niveaux de vie moyens augmentent dans les pays en développement, la fécondité baissera et, dans

quelques générations, la proportion de population âgée sera élevée.

L'évolution de la population des États-Unis ne suit pas ce modèle, en partie à cause d'un afflux continu d'immigrants. D'ici 2025, la population des États-Unis augmentera de 24 pour cent et les immigrants constitueront une grande part de l'accroissement. À cette date, seulement 25 pour cent de la population américaine aura plus de 60 ans, contre 31 pour cent en Europe de l'Ouest. La proportion mondiale s'établirait alors, selon une prévision moyenne des Nations unies, autour de 15 pour cent et n'atteindrait 30 pour cent que vers 2100.



POURCENTAGE DE PERSONNES ÂGÉES DE 60 ANS ET PLUS EN 2025

R. Doyle

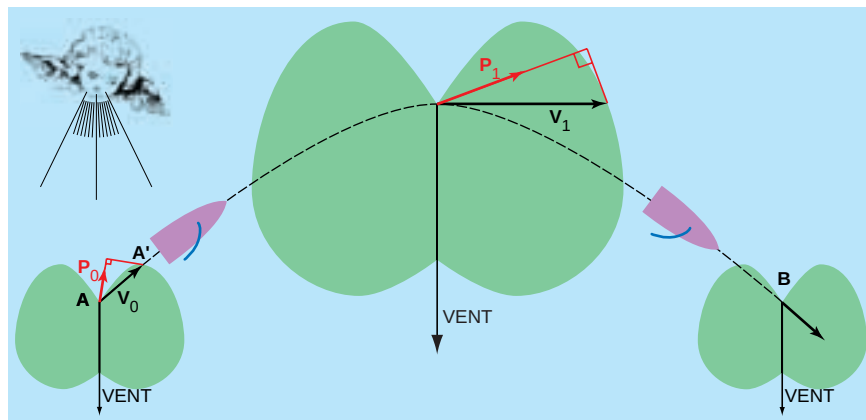
Autant en emporte le vent

Une analogie optique éclaire le savoir-faire des vieux loups de mer.

Selon le principe de Fermat, un rayon lumineux suit le chemin le plus court d'un point à un autre. Si, dans un milieu homogène, ce chemin est une droite, dans un milieu d'indice variable, c'est une courbe que l'on sait calculer. Pour les bateaux à voile, la trajectoire optimale est également une courbe qui se calcule au moyen de l'analogie optique : John Kimball et Harold Story, de l'Université d'Albany, ont ainsi calculé la route la plus rapide pour un voilier.

Sur un plan d'eau sans courant et balayé par un vent régulier, on connaît la vitesse du bateau en fonction de la direction suivie. Un tel diagramme de vitesse est uniquement fondé sur les équations de l'hydrodynamique, mais, en pratique, sa détermination est expérimentale. Il réserve des surprises : en naviguant vent arrière, on va moins vite qu'en recevant le vent de trois quarts arrière.

Le but d'un régatier est d'arriver à destination le plus rapidement possible, exercice difficile lorsque la destination finale est contre le vent, et plus encore lorsque la direction et la force du vent varient. Pour aller contre le vent, le marin tire des bords, c'est-à-dire qu'il zigzague autour de la direction du vent.



Un bateau doit se rendre de A à B le plus rapidement possible. Dans cette configuration météorologique, le vent est dirigé vers le bas, mais son intensité augmente de bas en haut. Comment construire le chemin optimal ? On trace d'abord le diagramme de vitesse (surface verte), l'ensemble des vitesses que peut prendre le bateau situé en A. On choisit ensuite le vecteur «lenteur» initial p_0 . Pour construire la vitesse initiale v_0 , on trace la perpendiculaire à la direction du vecteur p_0 , tangente au diagramme de vitesse. L'extrémité du vecteur vitesse initial est situé au point de contact. On calcule alors le nouveau vecteur lenteur et on répète la construction à chaque instant.



Lors d'une régate, tel *Le trophée multicoques Normandie*, les marins doivent s'adapter rapidement aux conditions de vent. Une analogie optique permet d'optimiser la route.

Les physiciens ont remarqué que la traversée d'un milieu d'indice variable par un rayon lumineux est analogue au déplacement optimal du bateau. Analysant le problème du déplacement du bateau en termes optiques, ils ont montré que le calcul du chemin le plus rapide imposait la résolution d'une équation vectorielle, une relation mathématique entre deux vecteurs. L'un de ces vecteurs est la vitesse du bateau, et l'autre, un vecteur dont la taille varie inversement à la vitesse : si la vitesse est doublée, la taille de ce vecteur est divisée par deux. Pour cette raison, on nomme ce dernier la «lenteur». En général, sa direction n'est pas celle de la vitesse. Son évolution est donnée par une équation différentielle.

La difficulté du calcul réside dans le choix du vecteur lenteur initial. Utili-

sons un exemple : lorsqu'on lance un caillou avec une vitesse initiale donnée, il est relativement aisé de déterminer son point de chute. En revanche, si l'on veut lancer le caillou à une distance précise, plusieurs essais seront nécessaires avant de trouver la vitesse initiale adéquate. Dans le calcul nautique, à partir d'une direction initiale pour le vecteur lenteur, l'évolution de la position du bateau est unique. Cependant, pour être certain d'arriver à la position voulue, des ajustements du vecteur lenteur initial sont nécessaires.

Le vecteur lenteur initial déterminé, comment connaître la vitesse ? L'équation vectorielle qui relie la vitesse à la lenteur est interprétable géométriquement : il suffit de tracer une droite perpendiculaire à la direction du vecteur lenteur, tangente au diagramme de vitesse. La vitesse initiale optimale est alors dirigée vers ce point de contact. À chaque instant, on calcule le nouveau vecteur lenteur et on répète cette construction du vecteur vitesse. Ainsi, quelles que soient les conditions de vent, et même lorsqu'il faut remonter au vent, on construit un chemin optimal.

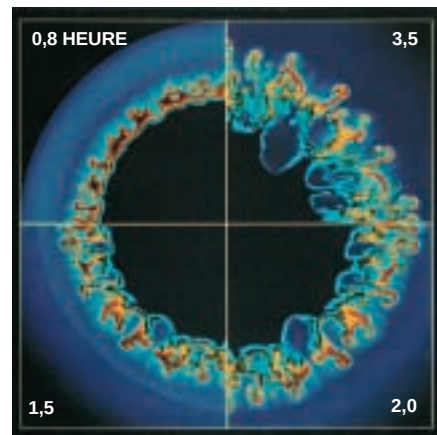
Si à bord des bateaux on plaçait des ordinateurs qui calculent en permanence ce meilleur chemin, on ne testerait plus la capacité des marins, mais les qualités intrinsèques du bateau dans des conditions météorologiques données. Cependant, ces calculs ne seront jamais plus précis que les prévisions météorologiques utilisées. Les vieux loups de mer savent depuis longtemps que pour aller le plus rapidement possible d'un point à un autre, la route directe n'est pas nécessairement la meilleure. Les physiciens savent la calculer plus exactement.

Jouer avec les étoiles

Un système à dix lasers pour analyser les supernovae.

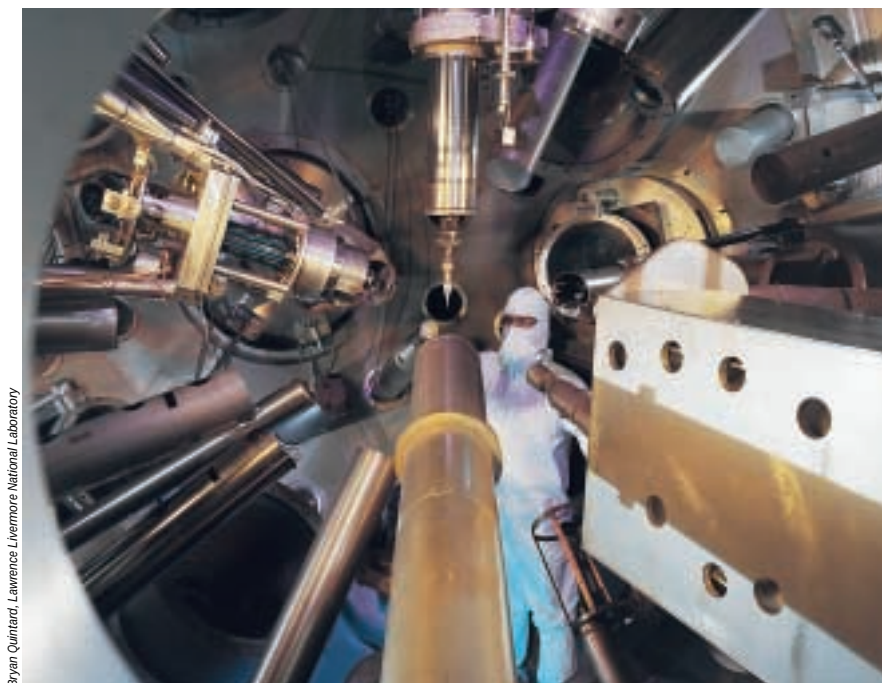
Il y a 11 ans, le 23 février, des astronomes de l'hémisphère Sud observaient un point brillant dans une galaxie voisine de la nôtre : c'était une supernova, l'explosion d'une étoile géante bleue, qui, faute de combustible nucléaire, s'était effondrée sur elle-même, tel un soufflé que l'on cesse de chauffer. Rebondissant sur le cœur, la matière des couches externes provoqua une titanique onde de choc et libéra, sous la forme de lumière, une quantité d'énergie égale à la totalité de l'énergie rayonnée par toutes les étoiles et galaxies visibles de l'Univers... mais en seulement dix secondes. Cette lumière se propagea pendant 160 000 ans, atteignant la Terre le 23 février 1987 ; d'où le nom SN 1987 A donné à la supernova.

Comment reproduire un tel phénomène en laboratoire ? Des physiciens du Laboratoire Lawrence Livermore utilisent aujourd'hui le laser Nova afin de recréer des conditions comparables à celles qui ont propulsé la couche externe de l'étoile dans l'espace. Évidemment, la reproduction se fait à petite échelle : les faisceaux laser – portant une énergie totale de 30 000 milliards de watts – sont focalisés sur un cylindre en or de trois millimètres de long, en partie recouvert d'une double couche de cuivre et de plastique.



Simulation numérique de l'explosion d'une supernova.

Les dix lasers émettent simultanément, vaporisant le cylindre d'or et formant une pluie de rayons X, qui engendrent un plasma. Les images réalisées par les caméras qui équipent le dispositif montrent des phénomènes analogues à ceux qui avaient été prévus par les simulations de supernova... au moins à deux dimensions. À trois dimensions, les simulations n'ont pas reproduit correctement la supernova SN 1987A : la vitesse de la matière éjectée par la supernova était deux fois supérieure à la vitesse calculée. Les physiciens américains espèrent que les paramètres mesurés lors des expériences menées à l'aide du laser Nova, extrapolées aux dimensions cosmiques, expliqueront les insuffisances des simulations.



Bryan Quitard, Lawrence Livermore National Laboratory

Le laser Nova délivre une énergie lumineuse de 30 000 milliards de watts sur une minuscule cible (à l'extrémité de la pointe verticale). Cette cible est un modèle réduit de supernova.