



2. CETTE PLANTE IMAGINAIRE pourrait pousser sur nos côtes dans quelques millions d'années. Comme le pourpier de mer actuel, elle est halophyte (étymologiquement, « qui aime le sel ») : elle stocke le sel sous la forme d'édifices coniques qui rappellent les stromatolithes, concrétions très anciennes d'algues, de bactéries et de sédiments.

les grains de pollen résistants et équipés de ballonnets qui volent ou dérivent sur l'eau permettent aux espèces qui en sont dotées de se disperser.

Cette mobilité des plantes est exploitée en science-fiction. Dans *Minority Report* (nouvelle de Philip Dick adaptée à l'écran par Steven Spielberg), les serres d'Iris Hineman sont gardées par des lierres génétiquement modifiés qui fouettent et empoisonnent tout intrus. La botaniste cultive même d'étranges plantes vertes qui ondulent et réagissent différemment en fonction des émotions ! Ces végétaux « intelligents » rappellent que les végétaux communiquent grâce à des phéromones ou autres composés chimiques qu'ils échangent par les racines (communication souterraine) ou les feuilles (communication aérienne).

Ainsi, les plantes communiquent, mais elles sont aussi équipées de pigments photosensibles, des sortes de récepteurs capables d'identifier certaines longueurs d'onde émises par leurs voisins, en présence d'un « prédateur ». Dans le film *Phénomènes* (Night Shyamalan, 2008), les plantes se vengent des agressions humaines en dispersant dans les airs une « phéromone virale » qui pousse l'humanité à un suicide collectif. Quant à la nouvelle de Philippe Curval intitulée *Le langage des fleurs* (1956), elle met en scène un herboriste qui s'installe avec sa femme sur une nouvelle planète, et y

découvre une plante intelligente dotée d'un système nerveux et d'un protocerveau !

Mais les végétaux qui font le plus rêver sont les plantes carnivores. Darwin est l'un des premiers à les avoir étudiées : « N'est-il pas curieux qu'une plante soit beaucoup plus sensible au toucher que n'importe quel nerf dans le corps humain ? » remarque-t-il dans sa correspondance du 24 novembre 1860.

Les plantes carnivores

Avec une centaine d'espèces qui poussent sur des sols pauvres en nutriments (telles les tourbières) ou basiques, ces plantes puisent l'azote dans les proies (insectes, araignées, vers, etc.) qu'elles attirent, piègent, capturent et digèrent. Elles ont donné naissance à divers fantasmes : en 1878, l'explorateur Carl Liche affirmait avoir découvert à Madagascar un « arbre anthropophage », sorte d'ananas géant terminé par de puissants tentacules et à qui l'on offrait des femmes en sacrifice ! En science-fiction, les plantes carnivores sont souvent de simples espèces terriennes atteignant une taille démesurée : il faut avouer que les mâchoires des dionées (qui se referment sur leur proie en 1/30^e de seconde) ou les tentacules gluants des *Drosera* rivalisent avec ceux des plus terrifiants aliens !

Sur Terre, la plus grande plante carnivore est une *Nepenthes*, urne de 1,5 mètre de hau-

teur munie d'un clapet et remplie d'une liqueur attirante, capable de prendre au piège de gros insectes et peut-être même des grenouilles ou d'autres petits vertébrés. Notons que le caractère carnivore est apparu plusieurs fois au cours de l'évolution des plantes : celles-ci ne forment donc pas un groupe naturel ou monophylétique (nommé clade), car elles ne partagent pas la même histoire. Il en va de même, à plus grande échelle, avec les grands groupes des végétaux, des champignons ou encore des animaux, termes inadaptés, car ils ne désignent plus un groupe d'individus ayant un seul ancêtre commun.

La réalité rejoint alors la fiction qui n'a jamais hésité à briser les frontières entre animal et végétal. Ainsi les Ents sont des hommes-arbres très anciens et très forts, dont l'écorce forme la peau, et les branchages les cheveux ou la barbe, et qui protègent les forêts et la nature dans le monde complexe inventé par J. R. R. Tolkien (*Le Seigneur des Anneaux*, 1954-1955). Cette frontière poreuse entre le monde des plantes et celui des animaux nous aide à imaginer des formes de vie possibles sur d'autres planètes... ■

J.-S. STEYER est paléontologue au CNRS-MNHN, à Paris. R. LEHOUCQ est astrophysicien au CEA, à Saclay.

Retrouvez les articles de J.-S. Steyer et R. Lehoucq sur www.pourlascience.fr



ART & SCIENCE

Des bulbes, une bulle et des virus

Au début du XVII^e siècle, une bulle spéculative s'est développée autour du marché des tulipes et particulièrement de celles, bicolores, infectées par des virus.

Loïc MANGIN

En 2008, la crise des *subprimes* faisait suite à la bulle immobilière américaine. Depuis, la bulle immobilière espagnole a éclaté en 2010, frappant durement l'économie de ce pays. Ces exemples récents sont les derniers avatars d'un scénario qui se répète depuis des siècles : la bulle Internet en 2000, le krach boursier mondial en 1929, les crises à répétition en Grande-Bretagne (1847, 1836, 1825, 1810, 1797...), etc.

En remontant ainsi le temps, nous voilà en 1637, à l'époque de ce que les économistes considèrent comme le premier exemple de bulle spéculative économique et financière de l'histoire. Quel est le produit au cœur de cette crise ? L'or ? Les épices ? Non, une simple fleur qui semble aujourd'hui bien commune, la tulipe. Aux Pays-Bas et dans plusieurs autres pays d'Europe, au début du XVII^e siècle, le cours des bulbes a atteint des sommets avant de s'effondrer brusquement.

Cet épisode dramatique a inspiré le peintre et sculpteur français Jean-Léon Gérôme (1824-1904), héraut de l'académisme sous le Second Empire et tombé en disgrâce auprès du public après avoir voué aux gémonies l'impressionnisme naissant. Dans *Le duel à la tulipe*, aussi nommé *Folie tulipière* (voir la figure page ci-contre), il représente un noble, épée au clair, protégeant jalousement un plan de

tulipe, sans doute rare et précieux, de la destruction. De fait, à l'arrière-plan de la toile, on distingue des soldats qui piétinent les plates-bandes dans une tentative de stabiliser les marchés en diminuant l'offre. Comment en est-on arrivé là ?

Les tulipes (le genre *Tulipa*) se rencontrent de l'Europe occidentale jusqu'en Extrême-Orient. Elles seraient apparues en Asie centrale et auraient gagné l'Europe grâce à Ogier de Busbecq, ambassadeur de l'empereur romain germanique Ferdinand I^{er} auprès du sultan Soliman le magni-

Le coût d'un bulbe de tulipe rare équivalait à dix fois le salaire annuel d'un artisan ou au prix d'une belle demeure à Amsterdam.

fique à Constantinople, capitale de l'empire ottoman. Les premiers bulbes et graines seraient arrivés à Vienne en 1554. De là, elles auraient conquis tout le continent. Arrivées dans les Provinces-Unies (les actuels Pays-Bas) dans les années 1590, elles y ont été popularisées par le botaniste flamand Charles de l'Écluse, qui venait de créer le jardin botanique de l'Université de Leyde.

L'engouement fut spectaculaire et les tulipes supplantèrent rapidement les anémones, le lilas, les pivoines, les ancolies... dans les jardins des riches marchands d'Amsterdam et du Nord des Provinces-Unies, le

Sud étant en guerre contre l'Espagne. On s'arracha alors les espèces rares dont les prix atteignaient des sommes faramineuses. On parlait, pour un bulbe, de l'équivalent de dix fois le salaire annuel d'un artisan, ou du prix d'un terrain de cinq hectares, ou encore de celui d'une belle demeure dans un quartier prisé d'Amsterdam.

Les espèces les plus courues, telles les variétés *Semper augustus* et *Vice-roi*, étaient dites flammées, cassées ou marbrées, c'est-à-dire qu'elles sont multicolores. C'est le cas de la fleur défendue par le soldat dans le tableau de Gérôme.

Ce phénomène, nommé variégation, est dû à une infection par un potyvirus, un virus à ARN de la famille des Potyviridés, qui représente 30 pour cent des virus de plantes connus. On connaît cinq virus de cette famille qui entraînent ce défaut de coloration chez les tulipes, ainsi que chez les lys.

Les défauts de couleur, sous la forme de stries, de rayures, de bandes ou de flammes, résultent soit d'une absence localisée de pigments (des anthocyanes), soit à l'inverse d'une surproduction dans certaines régions de la fleur. Les faces externes et internes ont souvent des motifs différents.

Les potyvirus sont transmis par des insectes, essentiellement le puceron vert du pêcher *Myzus persica*. Précisons qu'aujourd'hui, les fleurs à motifs multicolores sont issues de croisements et de sélection.

tions, la vente de bulbes atteints par des virus étant interdite. Néanmoins, les virus existent toujours et, en 2011, la dynamique des pucerons a été étudiée de près afin d'améliorer les méthodes de protection des champs de tulipes.

Toujours est-il qu'au XVII^e siècle, les tulipes infectées par des potyvirus étaient devenues des produits de luxe ! Les arts de l'époque se sont emparés de la « tulipomania », parfois pour la dénoncer à travers de nombreuses vanités, des tulipes cassées accompagnant les crânes et les autres symboles de la fugacité de la vie humaine. Ces mêmes tulipes étaient de

plus en plus nombreuses dans les bouquets des peintres flamands et néerlandais. De son côté, Jan Bruegel le Jeune peignit une *Satire de la tulipomanie* où des singes plantent, récoltent, vendent des tulipes... illustrant la folie des hommes.

Puis la spéculation cessa du jour au lendemain le 6 février 1637, à Haarlem (une ville ravagée par la peste bubonique). Alors que la veille, les bulbes pouvaient changer dix fois de main dans la même journée, les acheteurs se montrèrent soudain plus réticents. En quelques jours, les cours se sont effondrés d'un facteur 100 et la bulle éclata.

Les conséquences sur l'économie du pays sont l'objet de débats entre économistes. Selon certains, la débâcle a entraîné une longue stagnation de l'économie des Pays-Bas. Pour d'autres, ce ne fut qu'un artefact sans grandes conséquences.

Toujours est-il que la leçon a été difficile à retenir, car un siècle plus tard, toujours aux Pays-Bas, une spéculation effrénée eut lieu, cette fois à propos des jacinthes ! ■

M. de Kock et al., Non-persistent TBV transmission in correlation to aphid population dynamics in tulip flower bulbs, *Acta Horticulturae*, vol. 901, pp. 191-198, 2011.

Le duel à la tulipe, de Jean-Léon Gérôme (1824-1904).



IDÉES DE PHYSIQUE

Le mirage aux deux miroirs

Avec une paire de miroirs paraboliques se faisant face, on crée une remarquable illusion optique. L'effet pourrait être exploité pour réaliser une interface 3D inédite.

Jean-Michel COURTY et Édouard KIERLIK

Fin des années 1960, entrepôts du Département de physique de l'Université de Californie à Santa Barbara. L'employé Caliste Landry n'en croit pas ses yeux : la poussière qui recouvre l'un des grands miroirs dont il a la charge est « impossible à nettoyer ». Il montre le phénomène au physicien Virgil Elings, qui comprend qu'ils ont affaire à une illusion d'optique. Tous deux brevètent alors un dispositif qui prendra le nom de Mirage® ou mirascope.

Cet objet, composé de deux miroirs paraboliques se faisant face, donne l'illusion qu'un petit objet, placé à l'intérieur, flotte en l'air sans qu'on puisse le saisir [voir la figure 2]. Le mirascope a longtemps été considéré comme une curiosité. Mais il pourrait être à la base d'un dispositif de

projection d'images à trois dimensions que l'on peut manipuler du bout des doigts.

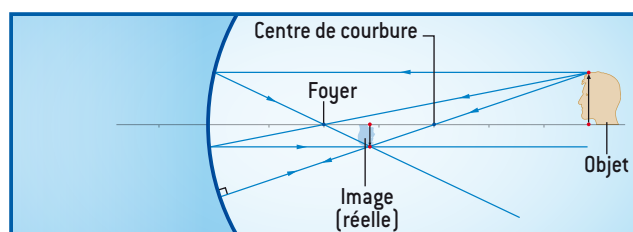
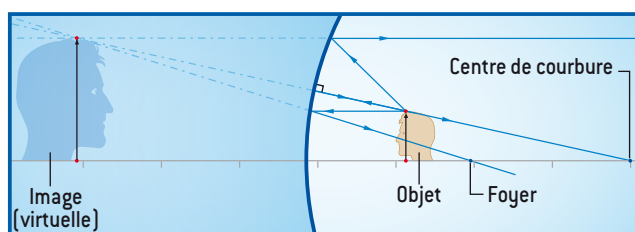
Comment fonctionne le mirascope ? Pour le comprendre, commençons par nous rendre dans notre galerie des glaces personnelle, la salle de bains. Mettons-nous face au plus simple d'entre eux, le miroir plan. On a l'impression qu'il est une fenêtre ouvrant sur une pièce symétrique de celle où nous nous trouvons.

Devant ou derrière le miroir ?

Les tout jeunes enfants s'y laissent prendre et attribuent une existence matérielle à ce qu'ils y voient. Mais rapidement, nous comprenons que seuls les objets se trouvant devant le miroir sont bien réels ; ceux que

nous percevons derrière sont des images virtuelles. C'est cet apprentissage, bien ancré en nous, qui va nous tromper. Le mirascope crée en effet une image devant lui et non derrière, d'où notre tendance à considérer ce que nous voyons comme réel et non comme une illusion.

Passons au miroir courbe grossissant, bien pratique pour se maquiller ou sculpter sa barbe. La surface d'un tel miroir est en général une calotte de sphère. En raison de la courbure, des rayons lumineux parallèles sont réfléchis dans des directions différentes en fonction de l'endroit où ils frappent le miroir. La fenêtre que constitue ce dernier est donc déformante, mais où se trouve l'image ? Quelques positions particulières permettent de comprendre ce qui se passe.



Dessins de Bruno Viatro

1. LORSQU'ON SE REGARDE de près dans un miroir sphérique, l'image est formée derrière le miroir, par le prolongement des rayons. Elle grossit quand on s'approche du foyer. Lorsqu'on se place loin, au-delà du centre de courbure du miroir, l'image se forme devant le miroir ; elle est petite et inversée. Les schémas montrent les trajets de trois rayons lumineux particuliers issus d'un point du sommet de la tête. Le point image est le point de convergence, réel ou virtuel, des rayons.