



CE DESCENDANT IMAGINAIRE du pou des baleines aurait la capacité de se mettre en boule pour se protéger des prédateurs.

rotatives qui s'en rapprochent est le flagelle de certaines bactéries. Chez les procaryotes, un moteur moléculaire situé sur l'embase du flagelle assure sa rotation. Ce système fournit un couple propulsif à un corps fixe, à la manière de l'hélice d'un navire. Et le système est plutôt efficace, car la vitesse de déplacement de la bactérie peut atteindre soixante longueurs corporelles par seconde. À peu près la moitié des bactéries disposent d'au moins un flagelle, indiquant que l'hélice a probablement plus de succès que la roue.

Le plus grand obstacle anatomique à l'existence d'organismes multicellulaires à roues est l'interface entre les parties statique et rotative. Contrairement aux articulations, qui ont une liberté de mouvement limitée, une roue doit être capable de tourner librement d'un angle arbitraire par rapport au reste de l'organisme.

L'interface entre la roue et son axe pose problème : si elle est constituée de tissu vivant, il faut la « nourrir », en oxygène et en nutriments. Le réseau vasculaire habituel ne peut convenir, car il aurait besoin d'être « déroulé » de temps en temps, afin d'éviter d'être endommagé par la torsion due à la rotation de la roue. La même difficulté s'applique à l'éventuel système nerveux qui contrôlerait le mouvement et la vitesse de la roue. L'alimentation de la roue, elle, pourrait être transmise par diffusion, mais c'est un processus très lent. Pour s'en sortir, il faudrait que la roue soit constituée de matière presque inerte, excrétée par le corps

de l'animal, comme nous le faisons avec la kératine de nos ongles ou de nos cheveux.

Par ailleurs, dans la plupart des environnements terrestres, la roue présente d'autres désavantages, comparée à des membres articulés. Si la roue est très efficace pour se déplacer sur un terrain nivelé et dur, comme une route pavée, elle n'est pas vraiment adaptée à un terrain souple, déformable ou accidenté. Elle devient alors sujette à une forte résistance à l'avancement à cause des frictions engendrées par la déformation du sol sur lequel elle se déplace. De plus, alors que la roue interagit avec le sol sur l'ensemble de sa trace, des pattes ou des pieds ne sont en contact avec lui que sur un ensemble de petites zones localisées, ce qui limite les pertes d'énergie.

La roue moins efficace que les pattes articulées

Les sols les plus déformables engendrent bien sûr les résistances les plus grandes : il est ainsi cinq à huit fois moins efficace de rouler sur un sol souple que sur une surface en béton. Et c'est encore deux à trois fois pire sur du sable. Cela explique pourquoi le transport des marchandises se faisait avec des chariots à roues dans les régions de l'Empire romain bien équipées en routes en dur, alors que les caravanes de dromadaires étaient bien plus efficaces dans les déserts du Moyen-Orient et d'Afrique du Nord.

Les roues sont également mal adaptées au franchissement d'obstacles, surtout ceux ayant une hauteur comparable à leur taille. Si l'animal ou le véhicule peut se déformer pour déplacer son centre de masse, la hauteur limite que peut franchir une roue passive (c'est-à-dire non propulsée) est égale à son rayon. Sans déformation possible, cette limite est comprise entre un quart et la moitié du rayon. C'est pourquoi les roues destinées aux terrains accidentés sont plus grandes. De plus, un véhicule non articulé peut se retrouver coincé au sommet d'un obstacle laissant ses roues tourner dans le vide. Le risque de retournement est aussi non négligeable : il suffit que la projection au sol du centre de masse du véhicule sorte de ses points d'appui, ce qui peut arriver en porte-à-faux. À l'inverse, les pattes sont bien plus efficaces pour se déplacer en toutes circonstances.

Avec toutes ces difficultés, on comprend aisément pourquoi la vie multicellulaire n'a pas exploré la possibilité de se déplacer sur une ou plusieurs roues, et pourquoi la sélection naturelle n'a pas retenu un tel dispositif. Étant donné les désavantages de la roue, il se pourrait même que la bonne question ne soit pas : « pourquoi la nature n'a-t-elle pas inventé la roue ? », mais plutôt : « pourquoi les véhicules humains n'utilisent-ils pas des pattes articulées ? ».

Roland LEHOUCQ est astrophysicien au CEA, à Saclay. J.-Sébastien STEYER est paléontologue au CNRS-MNHN, à Paris. Marc BOULAY est sculpteur numérique.

ART & SCIENCE

Et en Amazonie coule la Seine...

Une toile géante, présentée à 360°, permet d'explorer la forêt amazonienne sans y aller. Le spectateur est plongé dans un panorama spectaculaire où lui sont donnés à voir différents types de forêts tropicales. Un art grandeur nature !

Loïc MANGIN

Par les temps qui courent, ce serait bien compréhensible, vous avez peut-être envie d'évasion, d'un grand bol de nature. La forêt amazonienne est un des endroits idéaux pour une échappée belle. Trop loin ? Une solution de rechange est disponible : l'exposition présentée au Panorama XXL, à Rouen, sur les quais de la Seine. De quoi s'agit-il ? D'*Amazonia*, une toile immense, de 31 mètres de hauteur et 101 de longueur, disposée en cylindre de façon à offrir une vue à 360°. Les plus de 3 000 mètres carrés de l'œuvre, que l'on doit à l'artiste d'origine iranienne Yadegar Asisi, offrent une immersion complète en forêt tropicale... sans avoir besoin de s'envoler pour l'Amérique du Sud !

Le public est invité à gravir une structure centrale pour contempler, de trois hauteurs différentes, le foisonnement de la végétation peuplée de plusieurs dizaines d'espèces animales que l'on peut débusquer à l'aide de quelques jumelles disséminées sur les balustrades. Le détail est tel que l'on peut repérer jusqu'à une chenille déambulant sur le sol.

Pour mieux renforcer l'illusion, la lumière crée une alternance du jour et de la nuit et même, aidée par une bande sonore adéquate, un épisode d'orage. Dans la phase d'obscurité, des éclairages ultraviolets font briller les zones blanches de la toile donnant ainsi l'impression d'un clair de lune sous les frondaisons.

Comment s'y est pris l'artiste ? Pour *Amazonia*, il a séjourné à quatre reprises au Brésil, et s'est entouré des conseils de deux botanistes, d'abord Wilfried Morawetz, responsable du jardin botanique de Leipzig, puis Dietmar Satter. Yadegar Asisi est revenu avec des milliers de photographies et de nombreux croquis. Il a ensuite composé sur ordinateur son œuvre mixte, où les photographies correspondent à environ 70 % du total, puis l'a fait imprimer en Allemagne, par bandes de 3 mètres sur 30.

L'œuvre de 3 000 mètres carrés offre une immersion complète en forêt amazonienne... sans avoir besoin de s'envoler pour l'Amérique du Sud !

Il a souhaité rendre compte de la diversité de la forêt amazonienne, un milieu loin d'être homogène. En effet, d'abord, elle se répartit sur plusieurs étages, du sol jusqu'à la canopée. Ensuite, elle est un assemblage complexe de plusieurs types de végétation.

Citons la varzea, une forêt inondée par des crues de plusieurs mois, la terra firme, c'est-à-dire la forêt de plaine qui reste les pieds au sec, ou bien la forêt d'altitude qui s'étend sur les contreforts des Andes jusqu'à 3 000 mètres d'altitude. Tous ces écosystèmes, ainsi que différents points d'eau (cascades, ruisseaux, mares...), figurent dans le panorama où les arbres sont représentés à taille réelle.



Rendez-vous

Dans cette végétation luxuriante se cachent de nombreuses espèces animales : des paresseux, des jaguars, des ocelots, des aras, des alligators, des singes hurleurs, des papillons, des grenouilles dendrobates, des fourmis coupe-feuilles, des tapirs et même quelques humains.

Un œil attentif peut également repérer ce qui s'apparente à des plaisanteries. Par exemple, l'espèce d'un oiseau bariolé reste à ce jour indéterminée. Sur une branche, on distingue deux condors loin de leurs sommets habituels. Enfin, plusieurs opossums un tantinet moqueurs émergent de-ci de-là.

En repartant, après vous être perdu dans ce tableau géant, regardez de près la toile. Vous pourrez déceler deux artifices qui ont aidé à vous faire voyager en un instant, juste en grimpant quelques marches.

D'abord, l'œuvre a été en partie construite à la façon des anamorphoses cylindriques, où un dessin qui apparaît déformé à l'extrême sur une feuille de papier ne se révèle que dans son reflet sur un miroir en cylindre.

De même, certaines zones, notamment les plans d'eau, sont représentées vues du dessus alors que les plantes, les arbres, les fougères... situés juste à côté, sont vus de

face. En gros plan, l'assemblage déroute, mais une fois en hauteur, sur la structure centrale, l'illusion fonctionne et donne de la profondeur, de la perspective, à l'ensemble.

Amazonia perpétue une tradition qui date de la fin du XVIII^e siècle, quand l'Écossais Robert Barker créa le premier panorama à Édimbourg. Le principe, aidé par les techniques du numérique, connaît une nouvelle jeunesse depuis le début du XXI^e siècle. Il permet de voyager sans (trop) se déplacer !

.....
Amazonia, du 26 septembre 2015
au 22 mai 2016, Panorama XXL,
Quai de Boissguilbert, Rouen.

