

BIBLIOGRAPHIE

A. Stern et D. Grinspoon, **Chasing New Horizons : Inside the Epic First Mission to Pluto**, Picador, 2018.

S. A. Stern et al., **The Pluto system : Initial results from its exploration by New Horizons**, *Science*, vol. 350, article aad1815, 2015.

F. Forget, **Pluton : le ciel et les glaces**, *Dossier Pour la Science* n° 90, janvier-mars 2016.

A. Stern, **Voyage à l'orée de la nuit**, *Pour la Science* n° 296, juin 2002.

satellites de ces objets et étudierons leurs propriétés de surface et leurs formes.

Quand elle aura atteint les confins de la ceinture de Kuiper, *New Horizons* en étudiera aussi l'environnement spatial, notamment l'hélium gazeux, le vent solaire et les particules chargées parvenant dans cette région si éloignée de la sphère d'influence du Soleil. Nous étudierons également la densité de poussière dans la ceinture de Kuiper jusqu'à une distance égale à au moins 50 fois la distance Terre-Soleil, juste au-delà des parties les plus reculées de l'orbite elliptique de Pluton.

NOUVEAUX HORIZONS POUR NEW HORIZONS

Nous espérons aussi que la Nasa décidera de prolonger la mission *New Horizons* au-delà de 2021. La sonde est toujours en bon état de fonctionnement et ses sources d'énergie devraient suffire jusqu'au milieu des années 2030, voire plus. Pendant cette période, *New Horizons* explorera de nombreux autres objets de la ceinture de Kuiper et pourrait même effectuer le survol rapproché de l'un d'eux.

Après une période de développement un peu chahutée et une longue traversée du Système solaire, *New Horizons* a achevé sa

reconnaissance de la dernière des planètes connues à l'aube de l'ère spatiale. Elle deviendra la première sonde à explorer de petits objets de la ceinture de Kuiper.

Pendant les quinze années de planification de la mission et de vol, j'ai mis au défi notre équipe scientifique d'utiliser toutes les connaissances engrangées lors des missions d'exploration des autres planètes pour prédire ce que nous découvririons sur Pluton. La nature nous a surpris, révélant une planète beaucoup plus diverse et active que tout ce à quoi nous nous attendions.

En fait, Pluton est à tel point plus complexe et plus dynamique qu'attendu, que beaucoup de chercheurs, au sein de notre équipe et ailleurs, souhaiteraient mettre bientôt une autre sonde en orbite dans le système plutonien afin d'étudier plus avant Pluton et ses lunes. Nous aimerions aussi que de nouvelles missions de reconnaissance par survol du type de *New Horizons* explorent d'autres objets de la ceinture de Kuiper afin d'étudier leur diversité, exactement comme des sondes l'ont fait pour les planètes internes et les planètes géantes. Nous espérons que le succès retentissant de notre mission ne marquera pas la fin, mais plutôt le début de l'exploration des planètes et des petits objets lointains. ■



A FOND LES SCIENCES ET LES TECHNIQUES !

L'Odyssée Céleste est une association scientifique qui anime tout au long de l'année un **Club scientifique**, des **stages scientifiques et techniques** (à partir de 7 ans) durant les vacances scolaires et un **cycle de conférences**. Equipée d'un **planétarium itinérant** pour des diffusions de spectacles vers le grand public, plusieurs programmes sont à votre disposition pour vous emmener à la découverte du ciel nocturne et de l'espace lointain.



Les inscriptions sont ouvertes pour les **stages des vacances de Noël** à partir du 26 décembre 2017 et le **club scientifique** du 8 janvier 2018 :



1) LEGO MINDSTORM EV3 : avec de l'ingéniosité, de l'imagination et quelques notions d'électronique, les jeunes concevront un **robot télécommandé** qui avance, tourne, recule.

2) PILOTER UN MINI DRONE : il suscite un réel intérêt en France et dans le monde, plus petit que l'avion et pouvant se déplacer, se rendre dans des lieux très étroits.

3) OBSERVER LE CIEL ET LES ÉTOILES : ce stage propose un accompagnement dans la découverte d'instruments d'astronomie : Lunette/Télescope et paires de jumelles.

4) PRENEZ VOTRE ENVOL AVEC LE SIMULATEUR DE VOL : vivez pleinement la collaboration entre le pilote d'un avion et l'instructeur de vol. Un vrai travail d'équipe !



Toutes nos thématiques s'intègrent pleinement dans ceux des instructions officielles de l'Éducation Nationale et des projets éducatifs des lieux d'accueils.

Inscrivez-vous sur : www.odyssee-celeste.com, rp@odyssee-celeste.com

Association Odyssée Céleste, 20 RUE LAVOISIER, 95300 Pontoise

Siret : 79945246100012 APE : 9499Z

L'ESSENTIEL

> *Physarum polycephalum*, ou blob, n'est ni un animal, ni une plante, ni un champignon.

> Cet organisme unicellulaire est surprenant par de nombreux aspects : il présente une diversité de 720 sexes, il peut se déplacer de quelques centimètres par heure, il est facile à cloner...

> Bien que dépourvu de neurones, il est capable d'apprendre, par habitude, à traverser un pont couvert de substance répulsive afin d'atteindre de la nourriture.

> Plus étonnant, un blob peut transmettre à un autre blob sa capacité à traverser de tels ponts.

LES AUTEURS



AUDREY DUSSUTOUR
chargée de recherche CNRS
au Centre de recherche
sur la cognition animale,
à Toulouse



DAVID VOGEL
postdoctorant à l'École
d'agriculture, d'alimentation
et de vin de l'université
d'Adelaïde, en Australie

Le blob, cellule géante... et intelligente!

ÉTONNANT ORGANISME MACROSCOPIQUE CONSTITUÉ D'UNE SEULE CELLULE, LE BLOB PEUT APPRENDRE ET MÊME TRANSMETTRE SON SAVOIR. IL EST CAPABLE DE TROUVER LE PLUS COURT CHEMIN POUR SORTIR D'UN LABYRINTHE OU D'IMITER LE RÉSEAU FERROVIAIRE JAPONAIS.

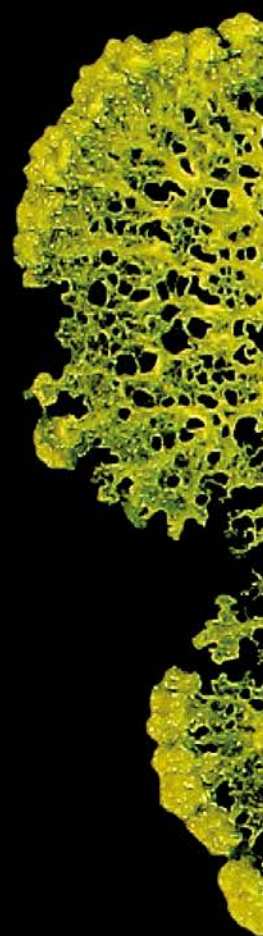
La diversité des formes de vie sur Terre dépasse l'imagination et ne cesse de nous surprendre. Dans ce foisonnement du vivant, les organismes multicellulaires sont les plus connus, aussi bien d'un point de vue physiologique que comportemental. Ainsi, nous connaissons tous les capacités d'orientation des pigeons, de photosynthèse des plantes, d'apprentissage des chiens ou encore de construction des fourmis. À l'inverse, les capacités des organismes unicellulaires, souvent qualifiées de simples, sont plutôt méconnues.

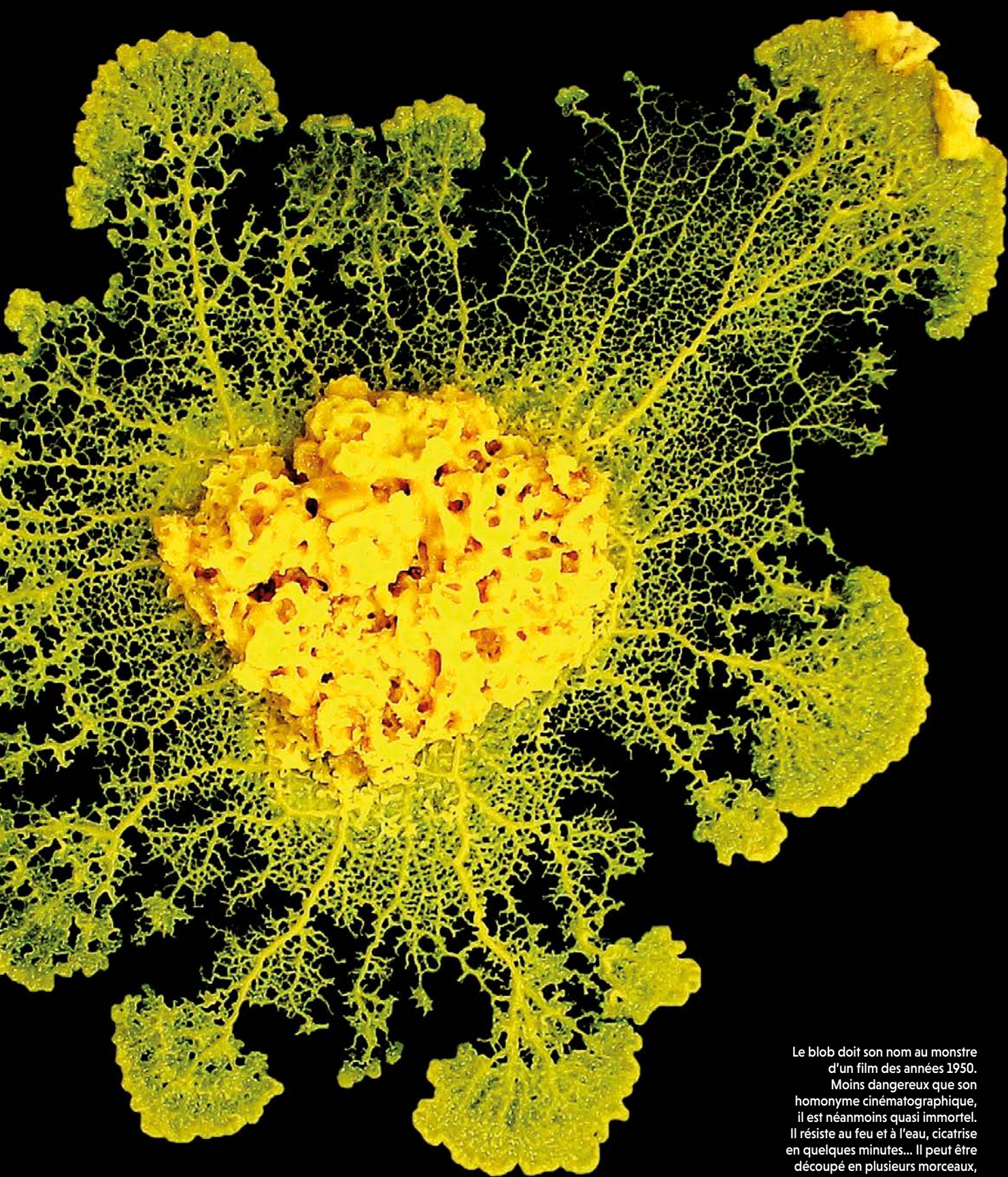
Pourtant, les organismes unicellulaires présentent des comportements qui n'ont rien à envier à ceux observés chez les autres organismes : certains sont capables de communiquer, de s'orienter, de coopérer, de construire des abris... Un exemple étonnant est celui des capacités d'apprentissage que nous avons

découvertes récemment chez un organisme unicellulaire de forme et de taille indéfinies, visqueux et de couleur jaune vif : le myxomycète *Physarum polycephalum*.

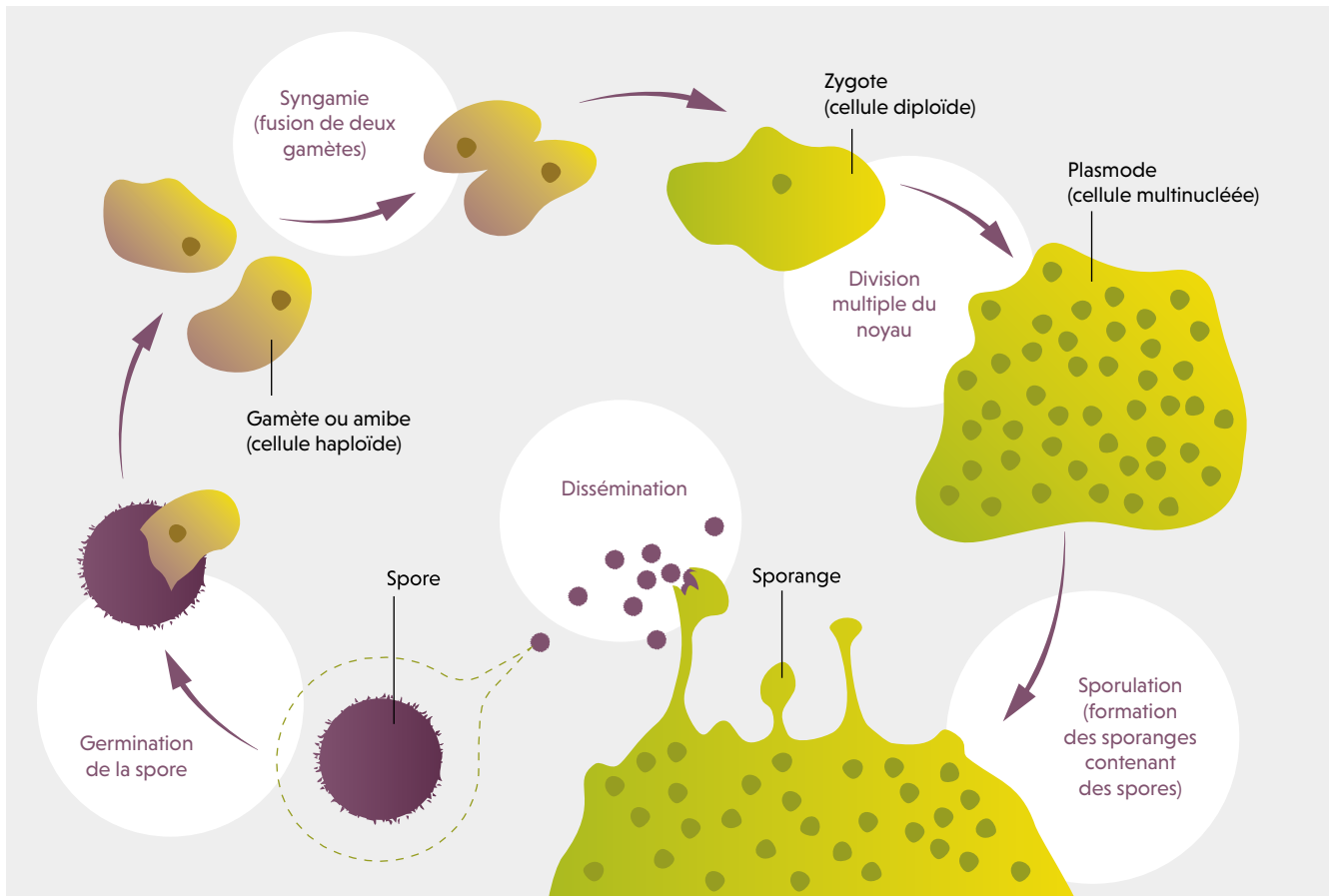
UN ORGANISME INCLASSABLE

La place de *Physarum polycephalum* dans l'arbre du vivant a longtemps été incertaine. Pour classer un organisme, on commence par spécifier le règne (animal, végétal, etc.) auquel il appartient. Mais qu'en est-il de *Physarum polycephalum*, qui a des affinités tant avec le règne végétal qu'avec le règne animal et celui des champignons ? En 1753, le naturaliste suédois Carl von Linné a classé les myxomycètes parmi les plantes, en s'appuyant sur leur façon de produire des pigments et sur la diversité de ces pigments – diversité qui rappelle celle des plantes, puisqu'on trouve des myxomycètes (plus d'un millier d'espèces connues aujourd'hui) de toutes les couleurs. >





Le blob doit son nom au monstre d'un film des années 1950. Moins dangereux que son homonyme cinématographique, il est néanmoins quasi immortel. Il résiste au feu et à l'eau, cicatrise en quelques minutes... Il peut être découpé en plusieurs morceaux, chacun devenant un nouveau blob.



> Néanmoins, en 1833, le botaniste allemand Heinrich Link a classé *Physarum polycephalum* dans le règne des champignons, en raison de son mode de reproduction, proche de celui de ces organismes. En effet, la vie du myxomycète débute par la fusion de deux gamètes (aussi nommés amibes), qui sont des cellules haploïdes ne contenant qu'un exemplaire de chaque chromosome (voir la figure ci-dessus). La fusion n'a lieu que si les amibes sont de types sexuels différents, ce qui a de grandes chances de se produire puisqu'il existe 720 types sexuels chez *Physarum polycephalum* ! La cellule née de cette fusion croît, mais sans se diviser. Seul son noyau se divise et donne deux noyaux, qui se divisent à leur tour et ainsi de suite. La cellule peut alors atteindre des tailles record, de l'ordre de plusieurs mètres carrés, tout en hébergeant des milliards de noyaux. À titre de comparaison, une cellule humaine ne mesure en moyenne que 10 micromètres de diamètre...

Cette cellule géante multinucléée est nommée plasmode, mais nous l'avons surnommée « blob » à cause de son aspect. Le blob est habituellement de couleur jaune et vit dans des zones tempérées, humides et sombres telles que les sous-bois. Quand la nourriture commence à manquer, le blob enclenche la sporulation et forme des milliers d'organes nommés sporanges. Ce sont des sortes de boules (de 0,5 millimètre

de diamètre environ) reposant sur un pied très fin. Ces boules iridescentes renferment des spores, comme les champignons, qui seront disséminées par le vent, l'eau et les animaux, et qui se transformeront en amibes haploïdes une fois arrivées dans un milieu propice.

Cependant, parce que le blob se déplace pour se nourrir, un mode d'alimentation qui évoque celui des animaux, le chirurgien, botaniste et microbiologiste allemand Anton de Bary l'a classé en 1859 dans le règne animal. Cet organisme est capable de se déplacer à une vitesse de quelques centimètres par heure pour se nourrir de spores, de bactéries et de champignons. Dépourvu de bouche, il engouffre sa nourriture par phagocytose. De nombreuses voix s'étant élevées contre la proposition de Bary, le blob ne restera classé parmi les animaux que brièvement et se retrouvera confiné parmi les champignons jusque dans les années 1970.

APPARENTÉ AUX AMIBES

Le génome de *Physarum polycephalum* a fini d'être séquencé en décembre 2015. À la suite de ces travaux, le blob a été classé dans le règne des amibozoaires, qui englobe tous les myxomycètes. Les amibozoaires sont des organismes unicellulaires qui produisent des pseudopodes (prolongements temporaires de la cellule) et changent de forme à mesure qu'ils

Le cycle de vie du blob. Sa reproduction via des spores n'est pas sans rappeler celle des champignons. C'est ce qui a conduit les biologistes du XIX^e siècle à classer le blob parmi ces organismes, à tort.

se déplacent. Mais comment se déplace le blob? Ce dernier est parcouru d'un réseau de veines où circule le protoplasme, un liquide riche en nutriments et autres molécules essentielles à la vie de l'organisme. Le blob se déplace grâce à ce réseau. Le courant dans les veines s'inverse toutes les deux minutes. Or cette alternance d'une direction à l'autre n'est pas strictement symétrique: le débit est plus élevé dans la direction de déplacement choisie. Sous la pression du courant qui s'exerce sur la membrane, l'organisme tout entier avance.

UN BON ÈLÈVE

Si le blob a déjà prouvé son caractère singulier, il n'a pourtant pas fini de surprendre. Parmi ses étonnantes capacités, citons celle de trouver le chemin le plus court dans un labyrinthe ou celle de dessiner des réseaux optimisés (voir l'encadré page 57). En 2016, avec Romain Boisseau, nous avons montré que le blob était capable d'apprendre mais aussi de transmettre un comportement appris à un autre blob. Jusque-là, de telles capacités n'avaient été observées ni chez *Physarum polycephalum* ni chez aucun autre organisme unicellulaire.

Dans notre expérience, les blobs ont été capables d'effectuer et de transmettre à un congénère un type particulier d'apprentissage: l'habituation. On définit celle-ci comme étant l'atténuation progressive d'une réaction comportementale à un stimulus inoffensif présenté de façon répétitive. L'exemple d'un chat retirant sa patte quand on la touche illustre cette notion. Le stimulus inoffensif qui consiste à toucher la patte d'un chat provoque une réponse comportementale, le retrait de la patte. Mais la répétition de cette action dans un laps de temps assez court fait que le chat retire de moins en moins sa patte. La baisse de la réponse comportementale peut aller jusqu'à, dans certains cas, ne plus du tout bouger la patte.

Deux critères supplémentaires doivent être remplis pour que le comportement observé soit considéré comme une habituation. Il faut que la réponse comportementale soit spécifique au stimulus et qu'on retrouve l'état initial si le stimulus n'est pas présenté durant un certain temps. Si nous reprenons l'exemple du chat, cela signifie que toute stimulation autre que le toucher de la patte, telle que verser de l'eau dessus, doit provoquer le retrait de la patte et cette réaction doit réapparaître si la patte n'est pas touchée pendant un certain temps.

Pour étudier l'habituation chez un organisme unicellulaire, il faut d'abord trouver une stimulation inoffensive provoquant une réponse comportementale mesurable. Or le blob est chimiotactique, c'est-à-dire qu'il dirige ses mouvements en fonction des molécules présentes dans son environnement. Ainsi, quand des blobs sont en présence d'une molécule répulsive, ils

vont soit se déplacer dans la direction inverse, soit, s'ils ne peuvent pas l'éviter, croître lentement et de façon à être le moins possible en contact avec cette substance. À l'inverse, s'ils sont en présence d'une molécule neutre ou attractive, ces derniers ont tendance à croître plus rapidement et à s'étaler dans leur environnement. L'utilisation du caractère chimiotactique des blobs remplissait donc tous les critères permettant d'étudier l'habituation chez *Physarum polycephalum*.

Ce comportement a été mis en évidence en forçant, à plusieurs reprises, des blobs à traverser un pont contenant une concentration précise d'une molécule répulsive, par exemple du sel, pour atteindre une source de nourriture (voir la photo page 56). À chaque traversée de pont, nous notions la vitesse de déplacement et la forme du blob pour voir si au fil des répétitions ces deux paramètres changeaient. Par ailleurs, nous avons utilisé différentes molécules pour voir si un blob habitué à une molécule n'était pas habitué à toutes les molécules, afin de garantir la spécificité du stimulus. Enfin, une période de repos était prévue après l'habituation afin de vérifier qu'il y avait bien un retour au comportement initial.

Les résultats de ces expériences ont été sans appel: les blobs étaient bien capables de s'habituer spécifiquement à une molécule. La première fois qu'ils devaient traverser le pont, les blobs mettaient beaucoup de temps et n'étaient que très peu en contact avec le pont. Mais ensuite, les blobs mettaient de moins en moins de temps et s'étalaient de plus en plus sur le pont, ce qui prouvait leur habituation à la molécule. De plus, les blobs ayant été habitués au sel n'étaient en aucun cas habitués à d'autres molécules et retrouvaient, après une phase de repos, un comportement similaire à celui de la première traversée.

Le blob se développe dans des zones humides. On le rencontre ainsi souvent dans les sous-bois, où il se nourrit principalement de champignons. En laboratoire, les chercheurs lui donnent à manger des flocons d'avoine, qu'il dévore goulument.





Dans les expériences des auteurs, les blobs (*en haut, en jaune*) sont séparés de leur nourriture (*en bas, en blanc*) par des ponts couverts de sel. Les blobs apprennent à traverser ce chemin de plus en plus vite, malgré l'aversion vis-à-vis du sel, afin de s'alimenter.

> Les recherches sur l'habituation et les blobs ne se sont pas arrêtées à cette découverte.

Mais avant d'aller plus loin, soulignons deux caractéristiques supplémentaires des blobs. Un blob peut être découpé en de nombreux fragments qui agiront par la suite, après un petit temps de repos, comme autant de blobs autonomes. À l'inverse, de nombreux blobs présents dans un même environnement sont capables de se percevoir et de se rapprocher jusqu'à fusionner et ne former qu'un seul organisme.

Suite à ces différents résultats et observations, une question naturelle se posait : un blob habitué à une molécule pourrait-il transférer son habitude à un congénère naïf ? Pour y répondre, nous avons réalisé plusieurs expériences. Un blob habitué à du sel était autorisé à fusionner avec un blob n'ayant jamais rencontré le sel (un blob naïf) pour former un blob mixte. Des blobs contrôles résultaient de la fusion de deux blobs naïfs ou de deux blobs habitués. Les blobs issus de la fusion devaient ensuite traverser un pont couvert de sel. Or les blobs mixtes se sont montrés aussi rapides que les blobs habitués, et surtout bien plus rapides que les blobs naïfs.

Nous avons ensuite décidé de tester les blobs non plus par paires, mais par trios et quatuors, pour savoir si l'information se transmettait de blob à blob. Certains trios et quatuors étaient constitués uniquement d'habitués ou de naïfs, et d'autres incluaient un ou deux blobs habitués. Tous les blobs étaient placés côte à côte, sur une ligne, et on les laissait fusionner de proche en proche. Même résultat qu'avec les paires de blobs mixtes : quel que soit le nombre de blobs naïfs, il suffisait qu'un seul blob du groupe soit expérimenté pour que l'information circule.

Afin de vérifier que le transfert d'information avait vraiment lieu entre les deux blobs et que le blob habitué ne prenait pas simplement le dessus sur le blob naïf, nous avons répété l'expérience, mais en séparant les deux blobs après quelques heures de fusion. On les testait alors individuellement, afin de voir si le blob initialement naïf mettait autant de temps à traverser le pont contenant le sel que le blob habitué. L'expérience a montré que les blobs initialement naïfs et les blobs habitués traversaient le pont à la même vitesse si et seulement si la fusion avait duré au moins trois heures. En observant les blobs de plus près, au microscope, nous avons remarqué qu'une veine se formait entre les blobs au bout de trois heures de fusion (*voir la photo ci-dessous*). L'information que le blob échange avec son congénère circulerait donc dans ses veines.

LE MODE DE TRANSMISSION DE L'HABITUATION EST ENCORE MYSTÉRIEUX

Les mécanismes précis permettant à un blob de s'habituer à une substance et à transférer cette habitude nous sont encore inconnus. Plusieurs hypothèses permettent cependant d'expliquer ces résultats. La première implique les récepteurs extramembranaires sensibles à diverses molécules. Selon ce scénario, la présentation répétée d'une molécule induirait une modification temporaire de la structure des récepteurs, qui augmenterait leur seuil d'activation. Cet effet rendrait alors les blobs moins sensibles à la molécule et ils présenteraient donc une réaction d'aversion diminuée. Mais cette théorie semble difficile à concilier avec le transfert de l'habituation, le transfert de récepteurs entre le blob habitué et le naïf étant peu probable.

La deuxième hypothèse invoque une modification épigénétique de l'ADN (une modification épigénétique correspond à une modulation locale de l'expression de certains gènes). Ainsi, une modification épigénétique de gènes produisant des protéines impliquées dans la régulation

Lorsque deux blobs entrent en contact, leurs membranes fusionnent et l'on voit une veine relier les deux organismes. C'est probablement par ce canal que l'apprentissage d'un blob est transmis à l'autre.



LE LABYRINTHE ET LES RÉSEAUX DE TOSHIYUKI NAKAGAKI

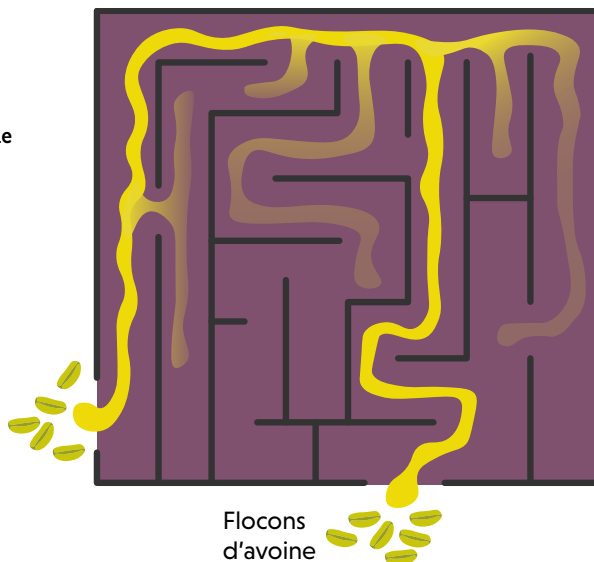
En 2000, Toshiyuki Nakagaki, de l'université d'Hokkaido, a décroché son premier prix Ig Nobel (une parodie de prix Nobel récompensant des travaux de recherche insolites) en montrant que le blob pouvait trouver le plus court chemin pour sortir d'un labyrinthe. Il a obtenu un second prix Ig Nobel en démontrant que le blob pouvait planifier des réseaux, ferroviaires ou autres, mieux que les humains !

Le labyrinthe

Dans cette expérience, des blobs placés dans un labyrinthe devaient repérer deux sources de nourriture situées chacune à une sortie du labyrinthe. Les blobs se sont tout d'abord étalés et ont fusionné de façon à former un seul blob qui a rempli à lui seul le labyrinthe. Les deux points de nourriture étant alors localisés, le blob a abandonné les chemins inutiles de façon à n'emprunter que la route la plus courte reliant les deux sorties.

Le réseau ferroviaire de Tokyo

Ici, Toshiyuki Nakagaki a recréé dans une boîte une minicarte de la région de Tokyo et a déposé un flocon d'avoine à l'emplacement de chaque ville de la région. Il a ensuite placé un blob à l'emplacement de Tokyo et l'a laissé explorer son environnement. À chaque fois que le blob rencontrait un flocon d'avoine, il déployait une veine entre sa position initiale et le flocon. Ainsi, à la fin de l'expérience, le blob avait formé un réseau plus efficace et plus robuste que le réseau ferroviaire existant. Dans le réseau du blob, toutes les villes restaient connectées même si un lien était rompu, et les chemins empruntés apparaissaient à la fois plus courts et moins redondants.



de la réception des molécules induirait une baisse de sensibilité vis-à-vis de cette molécule. La fusion de deux blobs permettrait d'échanger ces protéines, et c'est ainsi qu'un blob naïf deviendrait moins sensible à une molécule aversive qu'il n'a jamais rencontrée.

Selon la troisième hypothèse, la plus parcimonieuse et la plus élégante, le blob incorporerait les répulsifs dans le cytoplasme circulant à l'intérieur du réseau de veines, qui agit comme une forme de mémoire. Par exemple, le cytoplasme s'enrichirait en sel à force de traverser des ponts salés ; par conséquent, le blob ne serait plus gêné par le sel, puisque la différence de concentration en sel entre l'extérieur et l'intérieur de la cellule serait faible.

De plus en plus d'études montrent que des organismes longtemps considérés comme simples sont finalement capables de nous étonner. L'utilisation du terme « apprentissage » pouvait sembler inappropriée pour décrire le comportement d'un organisme unicellulaire. Nous avons l'habitude d'utiliser ce terme pour des humains ou des animaux qui nous sont proches, voire pour des insectes, mais en aucun cas pour des organismes dépourvus de système nerveux. Pourtant, les comportements du blob sont en adéquation avec les définitions que l'on donne de l'apprentissage. D'un point de vue évolutif, ces résultats ne sont cependant pas

étonnants. L'évolution d'un comportement correspond à une modification très lente d'un caractère ayant initialement des fonctions ou des mécanismes potentiellement bien différents. Le type d'apprentissage observé chez le blob serait alors une forme primitive des modes d'apprentissage actuels des organismes dotés d'un système nerveux ou de tout autre mécanisme sous-tendant la même fonction, à savoir une adaptation optimale au milieu.

UN MODÈLE BIOLOGIQUE

Bien sûr, l'utilisation d'un modèle biologique tel que *Physarum polycephalum* n'a pas la prétention de répondre à toutes les grandes questions de la biologie. Mais cet organisme offre un cadre assez simple pour comprendre plus finement l'articulation entre le fonctionnement intracellulaire (moléculaire et génétique) et l'expression d'un comportement. *Physarum polycephalum* n'étant qu'une cellule, toutes les modifications intracellulaires se répercutent en effet potentiellement sur le plan extracellulaire. Alors que pour des organismes constitués de nombreux niveaux biologiques différents (molécules, cellules, organes), il faut étudier tous ces niveaux ensemble pour comprendre comment ils interagissent et quels sont leurs impacts sur un comportement : une tâche bien plus complexe qu'avec le blob ! ■

BIBLIOGRAPHIE

A. Dussutour, **Tout ce que vous avez toujours voulu savoir sur le blob sans jamais oser le demander**, Éditions des Équateurs, 2017.

D. Vogel et A. Dussutour, **Direct transfer of learned behaviour via cell fusion in non-neural organisms**, *Proc. R. Soc. B*, en ligne, 21 décembre 2016.

R. P. Boisseau et al., **Habituation in non-neural organisms : Evidence from slime moulds**, *Proc. R. Soc. B*, en ligne, 27 avril 2016.

Toutes les photographies sont des auteurs, Aline Raynal-Roques et Albert Roguenant

Voir les fleurs comme une abeille

LES INSECTES SONT, CONTRAIREMENT AUX HUMAINS, SENSIBLES À L'ULTRAVIOLET. CETTE CAPACITÉ LEUR CONFÈRE UNE VISION DES FLEURS BIEN DIFFÉRENTE DE LA NÔTRE. DÉMONSTRATION AVEC DES PRISES DE VUE SOUS ÉCLAIRAGE ULTRAVIOLET.



La fleur de passiflore (*Passiflora caerulea*)
vue à la lumière ultraviolette.

LES AUTEURS



ALINE RAYNAL-ROQUES
botaniste et professeure
honoraire du Muséum
national d'histoire
naturelle, à Paris



ALBERT ROGUENANT
entomologiste
et botaniste spécialiste
des Broméliacées

Pour se reproduire, la plupart des plantes doivent recevoir du pollen, provenant de préférence d'un autre individu. Ce transport est souvent assuré par des insectes, qui trouvent dans les fleurs de la nourriture sous forme de pollen ou de nectar.

Au fil de l'évolution, les plantes ont développé différents moyens (parfum, couleurs...) d'attirer et guider les insectes vers le pollen. Sur le plan visuel, le rayonnement ultraviolet, dont l'énergie représente 5 % de la lumière du jour, tient une place essentielle : beaucoup d'insectes, notamment les Hyménoptères, dont font partie les abeilles, y sont sensibles, à la différence des humains.

Avec les trois pics de sensibilité de leurs yeux (jaune-vert, bleu et ultraviolet), les abeilles ont donc une perception des couleurs d'une fleur différente de la nôtre. Pour se faire néanmoins une idée approximative de la perception de l'insecte, une solution consiste à éclairer la fleur uniquement à la lumière ultraviolette. Les ultraviolets sont en partie absorbés par les structures et pigments des différents organes floraux ; ce rayonnement incident est partiellement converti (par photoluminescence) en lumière visible réémise. L'observateur humain peut alors voir la fleur dans ses « nouvelles » couleurs et la photographier.

C'est ce que nous avons fait avec diverses espèces de plantes. Pour ce faire, nous utilisons un appareil photo numérique (un Nikon D700) avec, comme source de lumière ultraviolette, deux tubes fluocompacts (modèle Philips PL-S 9W/08/2P) qui émettent principalement des ultraviolets A, proches du spectre visible. La prise de vue s'effectue dans le noir complet.

Les résultats sont étonnants. Ils montrent que les couleurs florales vues sous éclairage ultraviolet sont parfois très différentes des couleurs vues en lumière du jour. Et que des fleurs distinctes mais de même couleur ont parfois, sous éclairage ultraviolet, des couleurs complètement différentes. Outre le plaisir esthétique qu'elles procurent, les photographies révèlent les repères et attracteurs visuels qui guident les insectes vers les organes floraux essentiels à la reproduction de la plante : des balises en quelque sorte, au rôle analogue à celles dont sont équipés les aéroports ! ■

AUBERGINE (*SOLANUM MELONGENA*)

Ci-contre. En lumière blanche, les feuilles et tiges de l'aubergine, vertes, portent de courts poils blancs peu visibles. La corolle est rose et porte, en son centre, les étamines dressées, jaune d'or, productrices de pollen. Chaque pétale porte, à sa base, un sillon médian nectarifère ombré de vert.

Ci-dessous. En éclairage ultraviolet, les feuilles et les tiges sont rosées, tapissées de poils étoilés luminescents, bleu clair. La corolle, violette, est également constellée de poils étoilés.

Les sillons nectarifères de la base des pétales sont roses.

Les sommets des pétales sont couverts de poils luminescents denses. Les étamines ouvertes au sommet libèrent le pollen, qui est bleu luminescent. L'insecte, attiré par les balises luminescentes, est ainsi guidé vers le nectar et le pollen.

