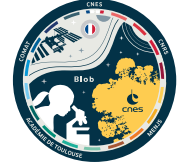


PROTOCOLES
#ElèveTonBlob

Rédigé par
Audrey Dussoutour (Directrice
de Recherche au
CNRS, CRCA-CBI
UMR 5169, UPS)

Un blob dans l'espace et en classe



Le CNES, en partenariat avec le CNRS et avec le soutien de l'académie de Toulouse, propose une expérience éducative qui consiste à envoyer un blob à bord de l'ISS à l'occasion de la mission Alpha de Thomas Pesquet, astronaute français de l'ESA. Au sol, et dès la rentrée 2021/2022, 2000 classes vont reproduire l'expérience menée par l'astronaute, étudier le comportement du blob et comparer leurs résultats avec ceux obtenus par Thomas Pesquet (#ElèveTonBlob). Ce document décrit les protocoles qui seront suivis à bord (Blob-ISS) et au sol (Blob-Terre).

Présentation du **BLOB**, histoire et biologie

La place de *Physarum polycephalum*, également connu sous le nom de « Blob » dans l'arbre du vivant, a longtemps été incertaine. Le blob fait partie de la classe des myxomycètes du grec « champignons gluants ».

Pour classer un organisme, on commence par spécifier le règne (animal, végétal, etc.) auquel il appartient. Mais qu'en est-il des myxomycètes, qui partagent des affinités avec le règne végétal, 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. Néanmoins, en 1833, le botaniste allemand Heinrich Link décide de classer les myxomycètes dans le règne des champignons, en raison de leur mode de reproduction, proche de celui de ces organismes. En effet, la vie du blob débute par la fusion de deux gamètes (aussi nommés amibes), qui sont des cellules haploïdes ne contenant qu'un exemplaire de chaque chromosome. 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 au moins 720 types sexuels chez le blob ! 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 informe. 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 mm 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 et engouffre sa nourriture, 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 engloutit sa nourriture par phagocytose.



PROCOLES #ElèveTonBlob

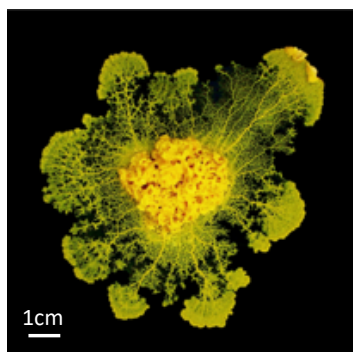
De nombreuses voix s'étant élevées contre la proposition de Bary, le blob ne restera classé parmi les animaux que brièvement et se retrouvera confiné dans le règne des champignons jusque dans les années 1970.

Le génome du blob 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 de la cellule qui ressemblent à des doigts) et changent de forme à mesure qu'ils 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 comme l'oxygène ! La circulation est permise par des fibres contractiles (actine et myosine, également présentes dans nos cellules musculaires !) qui en se contractant et se relaxant, déplacent le protoplasme. Le blob se déplace grâce à son réseau de veines. 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 (comme les marées). Sous la pression du courant qui s'exerce sur la membrane, l'organisme tout entier avance.

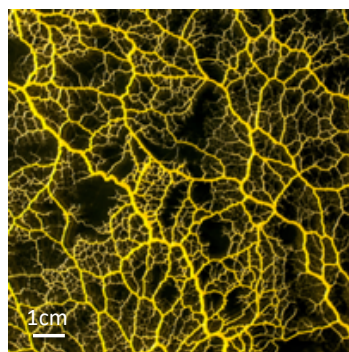
Dans des conditions défavorables telles qu'une augmentation de la température, une baisse de l'humidité ou encore un manque de nourriture, le blob peut entrer en phase de dormance nommée sclérote pendant plusieurs années. Il peut sortir de cet état en moins de 12 heures s'il est transféré dans un milieu humide. Lorsque le blob est en dormance, il est capable de résister à des conditions extrêmes de température de -20°C à 80°C , à des conditions de gravité supérieur à 6 g et aux champs électriques des micro-ondes.

De nombreuses études mettent en avant les comportements « intelligents » de cet organisme. Parmi ces comportements, nous pouvons citer par exemple les capacités suivantes :

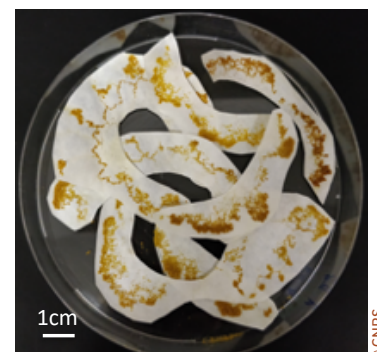
- 1) former des réseaux optimisés,
- 2) anticiper des événements,
- 3) sortir d'un labyrinthe,
- 4) résoudre des défis nutritionnels,
- 5) naviguer et éviter des pièges,
- 6) apprendre par habitude et transférer ses connaissances,
- 7) interagir et coopérer avec ses congénères.



Plasmode



Réseau veineux



Sclérotes



PROTOCOLES

#ElèveTonBlob

PROJET BLOB-ISS / TERRE

Le projet BLOB-ISS vise à déterminer comment un vol spatial affecterait le comportement d'une cellule. Nous souhaitons en particulier identifier les effets de la gravité et des rayonnements cosmiques sur une cellule. Améliorer notre compréhension du fonctionnement des organismes, dans des conditions extrêmes telles que la microgravité, peut nous offrir une nouvelle compréhension des processus biologiques. Au cours de son évolution, la vie sur Terre n'a connu qu'un environnement avec une accélération de pesanteur égale à 1 g. L'influence de cette force omniprésente n'est pas bien comprise, si ce n'est qu'il y a clairement une réponse biologique à la gravité dans la structure et le fonctionnement des cellules. En effet, bien que les effets de la gravité puissent paraître évidents à l'échelle de l'organisme ou du système, comme chez les astronautes, ils ne sont pas immédiatement apparents au niveau cellulaire. Il est essentiel de savoir si les réponses observées au niveau des organes ou des individus peuvent résulter de changements produits au niveau cellulaire. Enfin, étudier la manière dont divers végétaux, animaux ou microorganismes interagissent dans des écosystèmes fermés sera essentiel au développement des systèmes avancés d'assistance à la vie nécessaires aux missions de longue durée. L'exploration d'autres planètes et corps célestes nécessitera le développement d'écosystèmes autonomes. Les propriétés bio-régénératrices des plantes et des microbes seront des facteurs essentiels dans de tels systèmes, remplissant des fonctions essentielles telles que la production d'aliments, l'absorption de CO₂ et le recyclage des déchets.

Le blob offre un cadre idéal pour comprendre plus finement l'articulation entre une contrainte environnementale (ici la microgravité et les rayonnements cosmiques), le fonctionnement intracellulaire et l'expression d'un comportement. Le blob n'étant qu'une cellule, toutes les modifications intracellulaires se répercutent en effet potentiellement sur son comportement. 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 ! Le blob a aussi un avantage de taille lorsqu'on le compare à d'autres organismes unicellulaires, on peut l'observer à l'œil nu ! En effet, si la taille classique d'une cellule est de quelques microns, le blob peut atteindre plusieurs mètres carrés, ce qui le rend aisément observable. Au-delà de sa taille, sa facilité d'élevage et ses capacités de résistance aux conditions extrêmes en phase de dormance en font un organisme de choix. Enfin, le blob se développe rapidement, permettant une évaluation rapide des effets de l'environnement spatial à différents stades de développement.

PROTOCOLES

Le blob sera envoyé dans l'espace et dans les classes en phase de dormance (sclérote). Chaque établissement scolaire recevra un kit contenant de 3 à 5 sclérotés (blobs en dormance) selon leur taille. Chaque blob pourra être testé en amont en découpant un fragment de sclérote qui sera déposé sur un gel d'agar ou sur un papier filtre humide (le sclérote comme le plasmode peut être coupé en morceaux sans aucun problème !). Si le fragment de sclérote se réveille et forme un blob qui se déplace, le sclérote est considéré viable.

Vous pourrez également faire vos propres sclérotés, voir pour cela le tutoriel en ligne : <https://www.youtube.com/watch?v=iHoyFaE8FdY>

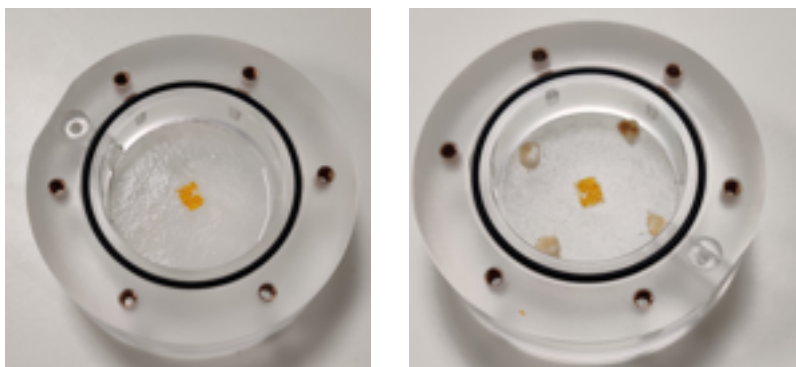


Kit blob envoyé aux établissements scolaires

© CNRS

1- Le protocole «Exploration »

Dans l'ISS : 2 blobs (en dormance) sont placés dans 2 arènes individuelles. Le blob est placé au centre de l'arène sur un papier filtre. La boîte permet l'enregistrement de courtes vidéos pendant une semaine, à raison d'une photo toutes les 10 minutes. Dans l'ISS, le blob sera réactivé par Thomas Pesquet grâce à un système de seringue. Le but de cette expérience est d'observer la morphogénèse du blob (ses changements de forme dans le temps) lorsqu'il explore un environnement uniforme en micropesanteur.



Dispositifs ISS

© CNRS

PROTOCOLES
#ElèveTonBlob

Dans les classes, les blobs sont placés au centre de boîte de pétri d'un diamètre équivalent à celles utilisées dans l'ISS (55 mm) sur du papier filtre (fourni avec le kit). Le blob pourra être collé au papier avec de la colle époxy (dans ce cas, attendre une journée avant de réveiller le blob). Les élèves devront humidifier le papier filtre en début d'expérience (0,4 ml pour un papier de 2,5 cm de diamètre) et replacer le couvercle sur la boîte. Des photos devront être prises régulièrement. En dehors des périodes d'observation et de prises photographiques, les blobs devront être conservés à l'abri de la lumière à une température de 20°C (un carton fera tout à fait l'affaire).

Mesurer la morphogénèse : Logiciel imageJ (gratuit) :

<https://imagej.nih.gov/ij/> ou

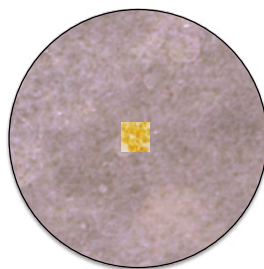
<https://www.pedagogie.ac-nice.fr/svt/productions/mesurim2/>



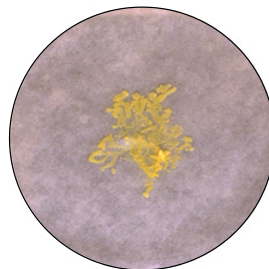
Interface logiciel ImageJ

© CNRS

Afin de mesurer le comportement exploratoire du blob, il faudra relever différents paramètres sur chaque photo : périmètre du blob, aire, nombre de pseudopodes, distance parcourue dans la boîte, etc.



Dormance



Exploration

© CNRS

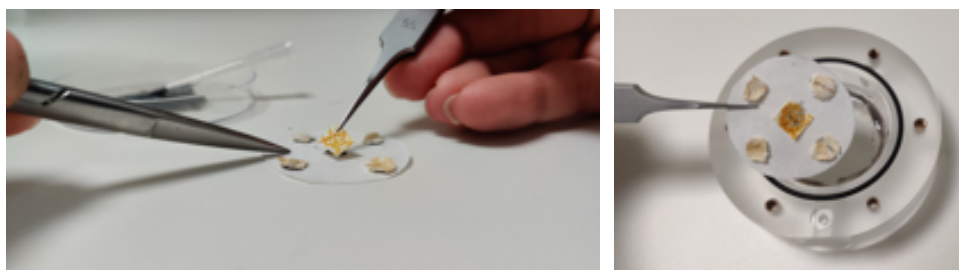
2 - Le protocole « Exploitation »

Dans l'ISS : 2 blobs (en dormance) ainsi que 8 sources de nourriture sont placés dans deux arènes similaires à celle de « l'expérience exploration ». Le blob est placé au centre de l'arène et 4 sources de nourriture (flocons d'avoine) sont déposées à équidistance du blob. Dans l'ISS, Thomas Pesquet réactivera le blob par un système de seringue. Le but de cette expérience est d'observer la morphogénèse du réseau construit par le blob pour connecter les 4 sources de nourriture. (Le blob étant connu pour ses capacités d'optimisation de réseaux).



PROTOCOLES #ElèveTonBlob

Dans les établissements scolaires, les blobs sont placés au centre de boîtes de pétri d'un diamètre équivalent à celles utilisées dans l'ISS sur du papier filtre. Les 4 flocons d'avoine sont déposés à équidistance du blob selon une configuration carré. (Si les flocons sont collés avec de la colle époxy, attendre une journée avant de débiter l'expérience). Les élèves devront humidifier le papier filtre en début d'expérience. Des photos devront être prises régulièrement. En dehors des périodes d'observation et de prises photographiques, les blobs devront être conservés à l'abri de la lumière à une température de 20°C.

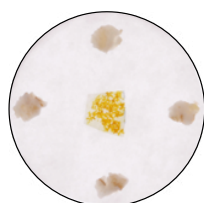


Mise en place de l'expérience Exploitation

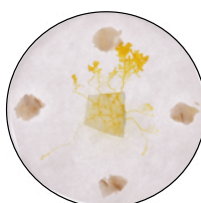
© CNRS

Mesurer la morphogénèse : Logiciel imageJ (gratuit) <https://imagej.nih.gov/ij/> ou <https://www.pedagogie.ac-nice.fr/svt/productions/mesurim2/>

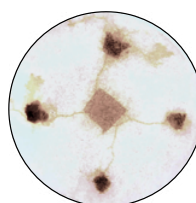
Afin de mesurer le comportement d'exploitation du blob, il faudra relever différents paramètres sur chaque photo : distance entre le blob et chaque flocon d'avoine, premier flocon contacté, 2^e, 3^e et 4^e. Il faudra également extraire le réseau veineux formé par le blob et quantifier sa croissance (mesurer l'aire du blob).



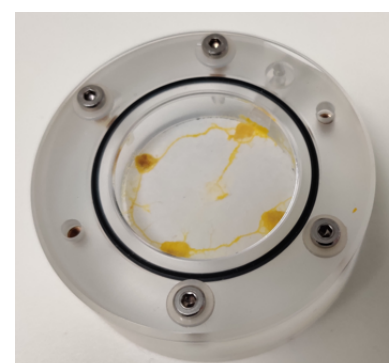
Dormance



Exploitation



Réseau



© CNRS

RESSOURCES utiles

Tutoriel d'élevage : <https://www.youtube.com/watch?v=iHoyFaE8FdY>

Conférence grand format : https://www.youtube.com/watch?v=wjzEMlox_a8&t=2149s

Livre : « Tout ce que vous avez toujours voulu savoir sur le blob sans jamais oser le demander »
Audrey Dussutour - Essai (Poche)