

# Ça, c'est de la SCIENCE!

Revue scientifique des étudiants en Sciences de la nature du Collège de Valleyfield

Numéro 9 - printemps 2018



**ÉDITION SPÉCIALE**  
**> 50<sup>e</sup> anniversaire du**  
**CÉGEP DE VALLEYFIELD**

# Chers lecteurs et lectrices,



Suzie Grondin  
Directrice générale

C'est avec enthousiasme et grande fierté que cette 9<sup>e</sup> édition de notre revue scientifique *Ça, c'est de la science!* vous est présentée. Fidèle à ses objectifs, la revue présente divers articles qui décrivent et expliquent certains phénomènes de la science en les vulgarisant, en captant l'attention du lecteur, et ce, tout en faisant subtilement la promotion de la science.

Les énigmes scientifiques, les phénomènes naturels ou encore la magie de certains événements du quotidien y sont démystifiés et présentés de façon claire et accessible. Je suis convaincue que, tout comme moi, vous saurez grandement apprécier cette production étudiante de haute qualité.

Félicitations aux étudiantes rédactrices et aux étudiants rédacteurs pour la qualité des contenus et aux collaborateurs pour la qualité de la langue française ainsi que pour la conception graphique. J'offre tous mes remerciements aux professeurs qui ont contribué à la réalisation de cette édition de la revue scientifique.

Bonne lecture!



C'est avec allégresse que nous vous présentons la revue *Ça, c'est de la science!* édition 2018. Cette revue a été rédigée par les finissants et finissantes du programme de Sciences de la nature du Collège de Valleyfield. Elle a pour but de propager toutes les connaissances que les étudiants ont pu acquérir tout au long de leur session dans des domaines scientifiques tels que la biologie, la géologie, la chimie, l'astrophysique et les mathématiques.



Également, le comité offre une grande reconnaissance au travail acharné des professeurs et aux membres du personnel pour nous avoir permis de réaliser cette revue. Nous voulons, ainsi, remercier Éric Demers, Simon Labelle, Martin Nantel-Valiquette, Dominique Tessier et une attention particulière à Hélène Levesque, coordonnatrice du programme, pour son abnégation face à cette revue scientifique. De plus, nous voulons remercier Aimie Chénard pour cette épatante conception graphique.

Nous voulons remercier la généreuse contribution de tous nos commanditaires, soit la direction des études du Collège de Valleyfield, la direction des affaires étudiantes du Collège de Valleyfield, la fondation du Collège de Valleyfield, le syndicat des professeurs, Raymond Chabot Grant Thornton, la MRC de Beauharnois-Salaberry, BioM : Complexe intermunicipal de biométhanisation et de compostage, l'Imprimerie Multi Plus, Comairco, Solaris Chem, Johanne Landreville Coiffure, Studio Beauté Actuelle et tous les parents et amis ayant participé aux différentes campagnes de financement qui ont contribué à l'essor de ce projet.

Bonne lecture!

Les membres étudiants du comité de rédaction

Alyssia Langlois, Laurence Pinard, Nicolas Masse, Marie-Jeanne Besner et Andréanne Cardin

# Table des matières

<b>VOIR... LES YEUX FERMÉS</b> .....	<b>4</b>
<b>FENTANYL, OPIOÏDE FATAL</b> .....	<b>5</b>
<b>L'HIMALAYA, PLUS AUCUN SECRET</b> .....	<b>7</b>
<b>LE CHEMIN LE PLUS RAPIDE POUR COMPRENDRE GOOGLE MAPS</b> .....	<b>8</b>
<b>TURRITOPSIS NUTRICULA : L'IMMORTALITÉ EST À NOS PORTES!</b> .....	<b>10</b>
<b>LES DIMENSIONS CACHÉES DE NOTRE UNIVERS</b> .....	<b>11</b>
<b>TRAVAILLER LA NUIT, UN DANGER POUR LA VIE</b> .....	<b>13</b>
<b>UN POISON QUI SAUVE DES VIES</b> .....	<b>14</b>
<b>SCIENCES DE LA NATURE - 50 ANS D'HISTOIRE</b> .....	<b>16</b>
<b>PERDRE LE NORD</b> .....	<b>18</b>
<b>LES PETITES BESTIOLES NE MANGENT PAS LES GROSSES, MAIS PEUVENT CERTAINEMENT LES MORDRE!</b> .....	<b>19</b>
<b>UN TOURNANT DANS L'HISTOIRE DES MATHÉMATIQUES</b> .....	<b>21</b>
<b>LES ÉTOILES : OBSERVER LES YEUX FERMÉS</b> .....	<b>22</b>
<b>YELLOWSTONE : UN PARC EXPLOSIF</b> .....	<b>24</b>
<b>ET LA LUMIÈRE FUT</b> .....	<b>26</b>
<b>L'ESPOIR EST DANS LE NEZ DU CHIEN</b> .....	<b>27</b>
<b>AUORES POLAIRES : DU MYTHE À LA RÉALITÉ</b> .....	<b>29</b>

## COMITÉ DE RÉDACTION :

ÉTUDIANTS : Marie-Jeanne Besner, Andréanne Cardin, Alyssia Langlois, Nicolas Masse et Laurence Pinard

PROFESSEURS : Martin Nantel-Valiquette, Simon Labelle, Dominique Tessier, Éric Demers et Hélène Lévesque

INFOGRAPHIE ET MISE EN PAGE : Aimie Chénard

RÉVISION LINGUISTIQUE : Guillaume Robidoux

ÉDITEUR : Collège de Valleyfield, 169, rue Champlain, Salaberry-de-Valleyfield (Québec) J6T 1X6

ISSN 1920-1141

Cette revue est conforme aux normes de la nouvelle orthographe.

La version électronique de la revue est disponible sur le site web du Collège ([www.colval.qc.ca](http://www.colval.qc.ca)), dans la rubrique « Programmes d'études – Préuniversitaires », sous le titre du programme « Sciences de la nature ».



L'intérieur de cette revue est imprimé sur du Rolland Enviro Satin 120M texte. Ce papier 100 % postconsommation est certifié FSC®, ÉcoLogo ainsi que Procédé sans chlore et est fabriqué localement à partir d'énergie biogaz.

# VOIR... LES YEUX FERMÉS

Par Frédérique Charland, Félicya Guérin et Vivian Nguyen

*Et si l'ouïe devenait la vue de l'aveugle? En fait, tout comme la chauvesouris, de plus en plus de non-voyants adaptent leur système de vision défectueux afin d'utiliser l'écholocation. Celle-ci leur permet de percevoir leur environnement grâce à de simples échos.*

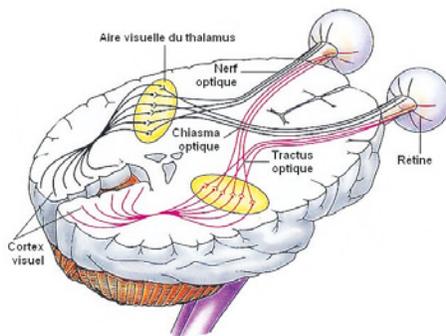
S'éveiller la nuit pour se rendre à la salle de bain est une tâche facile malgré la noirceur lorsque l'on est chez soi. En serions-nous capables si nous étions dans un environnement inconnu? À l'aide de simples claquements de langue, c'est possible!

L'être humain pourrait s'être inspiré de la faculté d'écholocation utilisée par certains animaux, comme la chauvesouris. Ce petit mammifère recourt à l'écholocation pour se diriger la nuit et pour capturer ses proies. Effectivement, la chauvesouris émet un ultrason qui, lorsqu'il rencontre un obstacle, rebondit vers son émetteur. L'écho est alors capté par les oreilles du mammifère avant d'être analysé par le cortex auditif. En une fraction de seconde, l'analyse du son est effectuée et la chauvesouris est capable d'étudier en détail les caractéristiques de l'obstacle qui se trouve sur son chemin. Les baleines à dents, mammifères marins capables de produire des ultrasons, utilisent aussi l'écholocation. L'information est d'ailleurs traitée par la même région corticale que celle de la chauvesouris (1).

## Chez les voyants, comment le cerveau traite-t-il l'information?

Une fois la lumière entrée dans l'œil, les photorécepteurs de la rétine, soit les bâtonnets et les cônes, transforment la lumière en influx nerveux. Ce dernier parcourt les nerfs optiques qui se croisent au niveau du chiasma optique pour une redistribution de l'information visuelle dans le thalamus. Ce dernier reçoit l'information visuelle et l'envoie au cortex visuel primaire. C'est dans cette partie du lobe occipital que les images sont produites et perçues (2).

Afin de pallier la cécité, de nombreux non-voyants ont modifié leur système de vision inutilisé grâce à l'écholocation. Le principe qui consiste à produire des sons et à interpréter l'information acoustique contenue dans leurs échos afin de percevoir l'environnement.



**FIGURE 1** Trajet de l'information visuelle du cerveau. Source : Zwarck. De la rétine au cortex visuel. [Image en ligne]. 21 août 2011 [Consulté le 28 mars 2018]. Disponible : <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:NeuroRCV.jpg>

## Comment utiliser l'écholocation?

L'écholocation se base sensiblement sur le même principe que la vision normale. En effet, tout comme nous percevons les objets à partir de la réflexion de la lumière, les non-voyants le font grâce à la réflexion du son (l'écho).

Concrètement, le non-voyant pratiquant l'écholocation cherche à décoder son environnement en utilisant deux types de sonars. Le premier, soit le sonar passif, est celui qui exploite les bruits produits par son environnement. Le second, soit le sonar actif ou « flash sonar », est caractérisé par les claquements de langue qui lui permettent de s'orienter. En général, le sonar actif est plus utilisé puisque les échos sont davantage porteurs d'informations spatiales.



**FIGURE 2** Daniel Kish, créateur du « flash sonar » et président de World Access for the Blind, pratiquant l'écholocation en vélo. Source : PopTech. Daniel Kish. [Image en ligne]. 22 octobre 2011 [Consulté le 28 mars 2018]. Disponible : [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Daniel\\_Kish\\_-\\_PopTech\\_2011\\_-\\_Camden\\_Maine\\_USA\\_2.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Daniel_Kish_-_PopTech_2011_-_Camden_Maine_USA_2.jpg)

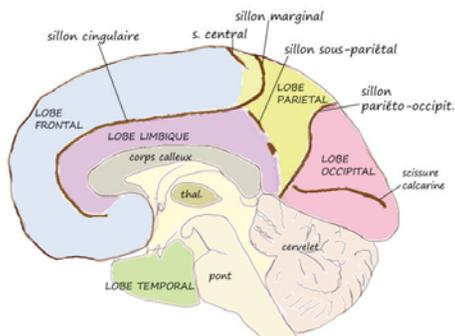
Afin de percevoir précisément son environnement, le non-voyant cherche à produire un son clair, précis et de haute fréquence. Cette dernière caractéristique permet au non-voyant d'analyser de petits objets grâce au principe de diffraction, soit le principe régissant le comportement des ondes face à un obstacle ou une ouverture. Au quotidien, la rapidité des intervalles entre les claquements varie en fonction de l'activité. Par exemple, faire du vélo peut nécessiter jusqu'à 2 claquements par secondes.

## Comment fonctionne l'écholocation?

C'est grâce au principe de neuroplasticité que le cerveau peut transformer l'information auditive en image. Effectivement, à la suite d'une lésion, le cerveau changera la fonction de la partie endommagée en spécialisant des neurones inactifs au moyen d'un changement dans l'ADN. Ainsi, cette partie du cerveau, pour ne pas demeurer inutilisée et mourir, s'adaptera aux modifications en remodelant les connexions entre les neurones et en leur assignant une nouvelle spécialité.

C'est grâce au principe de neuroplasticité que le cerveau peut transformer l'information auditive en image.

Dans le cas de l'écholocation, cette neuroplasticité s'opère principalement dans la zone visuelle, notamment dans la scissure calcarine. Afin de ne pas laisser mourir l'aire visuelle inutilisée chez le non-voyant, le cerveau la transformera en centre d'interprétation des échos et de formation des images. L'aire visuelle sera donc chargée d'effectuer une « spatial computation » lors de l'écholocation : elle prendra l'information auditive des échos et l'analysera pour former une image en trois dimensions de l'environnement.



**FIGURE 3** Les différents lobes du cerveau. Source : Pancrat. Sillons sur la face médiale de l'hémisphère cérébral droit. [Image en ligne]. 23 février 2011 [Consulté le 28 mars 2018]. Disponible : [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Medial\\_lobes.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Medial_lobes.png)

En d'autres mots, lorsque l'écho produit par les claquements de langue sera perçu par l'oreille, il sera redirigé vers l'aire visuelle, qui se chargera de transformer l'information spatiale en image précise de l'environnement. L'activation de la zone visuelle en réponse aux échos n'est d'ailleurs observée que chez les non-voyants pratiquant l'écholocalisation (3).

On remarque, également, de l'activité cérébrale dans la zone d'analyse de l'information motrice, située dans le lobe temporal. Cette zone est activée, seulement chez les non-voyants, lors de la présentation d'échos transmis par des objets en mouvement.

Finalement, on note une activité cérébrale dans l'aire auditive du lobe temporal des non-voyants pratiquant l'écholocalisation. Cette zone n'est pas directement stimulée par les échos, mais elle interprète toutes les informations auditives provenant de l'environnement. L'aire auditive est donc activée tant chez les voyants que chez les non-voyants. Par contre, on peut remarquer qu'elle est beaucoup plus développée chez les non-voyants puisqu'ils sont beaucoup plus sensibles aux bruits environnants. En règle générale, plus la cécité apparaît tôt, plus la neuroplasticité a un effet marqué sur le développement du cerveau, et plus les capacités d'écholocalisation sont développées.

En conclusion, on peut affirmer que l'aveugle nous regarde par ses oreilles. Grâce à l'écholocalisation, les non-voyants ont la capacité de percevoir toutes les caractéristiques des objets, même leur texture. De plus, ils ont l'avantage de voir dans le noir et d'avoir une vue panoramique ! Bien que cette technique innovatrice procure une adaptation considérable à la vie de ces non-voyants, elle ne redonne pas la vue, ce qui les oblige à utiliser la fameuse canne blanche ou le chien-guide.

**RÉFÉRENCES :**

1. Van Laere P. L'écholocalisation chez les chauves-souris [Internet]. Vigie Nature. 2008 [cité 28 mars 2018]. Disponible sur : [http://vigienature.mnhn.fr/sites/vigienature.mnhn.fr/files/uploads/PaulineVANLAERE\\_dossier.pdf](http://vigienature.mnhn.fr/sites/vigienature.mnhn.fr/files/uploads/PaulineVANLAERE_dossier.pdf).
2. Marieb EN, Hoehn K, Moussakova L, Lachaine R. Anatomie et physiologie humaines. 5e éd. Montréal : Pearson ERPI; 2015. 1308 p.
3. Thaler L, Arnott SR, Goodale MA. Neural Correlates of Natural Human Echolocation in Early and Late Blind Echolocation Experts. PLOS ONE [Internet]. Mai 2011 [cité 28 mars 2018]; 6 (5) : 1-16. Disponible sur : <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0020162>.

# FENTANYL, OPIOÏDE FATAL

Par Samuel Marleau et Michèle Roy

Depuis le début de cette décennie, un antidouleur puissant et meurtrier a envahi le marché noir des plus grandes villes d'Amérique du Nord. En effet, le fentanyl, une drogue de synthèse aux propriétés fatales, détruit la vie de plusieurs.

Le fentanyl est au cœur du phénomène nord-américain qu'on appelle « la crise des opioïdes » qui perdure depuis le début du siècle. Cette crise au Canada est due au relâchement des restrictions sur les ordonnances des opioïdes par Santé Canada dans les années 1990 (1). Or, plusieurs patients ont développé une dépendance à ce type de produit. Parce qu'elles ont développé une tolérance qui provoque une demande accrue pour le produit, ces personnes se sont tournées vers le marché noir pour se procurer leurs doses.

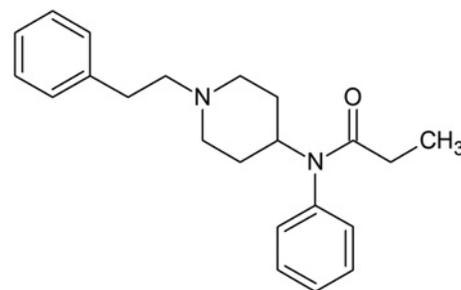
Depuis les cinq dernières années, le fentanyl est une révolution sur le marché noir. Son bas coût de production et sa puissance ont poussé les trafiquants à adopter cette drogue.

En effet, cette drogue est de 50 à 100 fois plus puissante, selon la voie d'administration, que la morphine, un opioïde de référence (1). Le fentanyl se retrouve maintenant comme additif dans la composition d'autres drogues illicites comme la cocaïne et l'héroïne afin d'atteindre les mêmes sensations à cout moindre (1). Son utilisation procure chez l'humain un effet analgésique ainsi qu'une grande euphorie, mais peut être létale si on ne fait pas attention.

Puisque nous avons tous déjà ressenti de la douleur, il est simple de comprendre pourquoi certaines personnes désirent calmer leurs maux le plus efficacement possible. Malgré l'immense déplaisir qu'elle nous fait ressentir, la douleur nous est très utile, car elle nous indique que le stimulus perçu peut représenter un danger.

Lorsqu'un stimulus douloureux atteint une intensité pouvant menacer l'organisme, comme une température élevée ou une coupure,

il active les récepteurs de la douleur ; les nocicepteurs. Les nocicepteurs sont des terminaisons de neurone présents dans presque tout notre corps. On les retrouve au niveau de la peau, des organes et des tissus musculaires. Le seul endroit qui est dépourvu de ces récepteurs est le cerveau, celui qui analyse les stimulus (2) !



**FIGURE 1** Structure moléculaire du fentanyl. Source : Structure dessinée par les auteurs à l'aide du logiciel ChemSketch, 2018, Salaberry-de-Valleyfield.

Lorsque le stimulus active les nocicepteurs, ces derniers produisent un influx nerveux dans le neurone qui se propage jusqu'au cortex, la région du cerveau chargée d'analyser la douleur. C'est à ce moment, seulement une fraction de seconde après le contact activant les nocicepteurs, que nous ressentons la douleur (2).

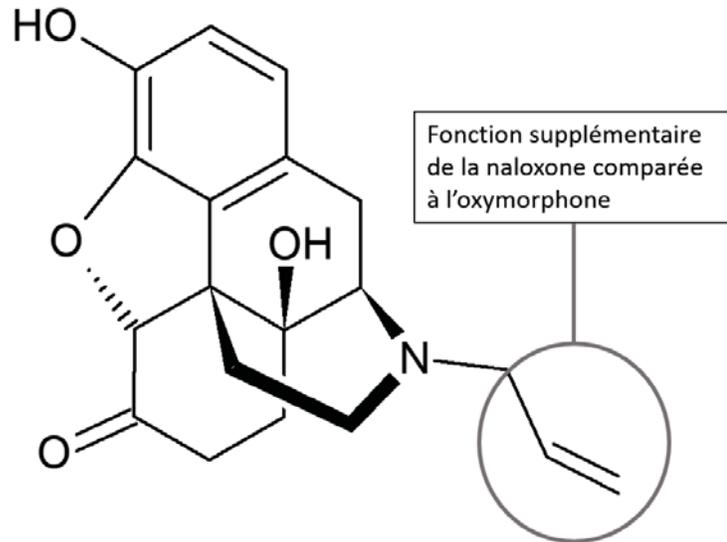
Lors de la transmission du message douloureux entre deux neurones, ceux-ci libèrent des neurotransmetteurs dans la synapse, l'espace entre deux neurones. Imaginons l'influx nerveux comme une course à relais : les neurotransmetteurs assurent le « passage du témoin ». Les principaux neurotransmetteurs propageant l'influx douloureux sont appelés « glutamate » et « substance P ». Une fois libérés dans la fente synaptique, ils se lient à des récepteurs sur le neurone subséquent ; s'ensuit la transmission de la douleur (2).

Or, pour contrer une douleur trop intense, le corps sécrète des analgésiques naturels comme l'endorphine et l'enképhaline. Ceux-ci se lient aux neurones par les récepteurs opioïdes. Ces récepteurs, une fois stimulés, diminuent la libération de neurotransmetteurs par les neurones. De ce fait, l'intensité du message douloureux est diminuée.

Le fentanyl, ainsi que les autres opioïdes, joue le même rôle que l'endorphine et l'enképhaline. Or, la molécule possède beaucoup plus d'affinité avec les récepteurs opioïdes, ce qui augmente l'effet d'activation de ces derniers. Conséquemment, la libération de neurotransmetteurs cesse considérablement, ce qui atténue énormément la douleur ressentie.

---

## Le fentanyl se retrouve maintenant comme additif dans la composition d'autres drogues illicites comme la cocaïne et l'héroïne.



**FIGURE 2** Structure moléculaire de la naloxone et de l'oxymorphone.  
Source : Structure dessinée par les auteurs à l'aide du logiciel ChemSketch, 2018, Salaberry-de-Valleyfield.

De plus, le fentanyl a comme effet secondaire la libération de molécules de dopamine dans la synapse (2). Ces molécules sont responsables de l'euphorie, c'est-à-dire d'un sentiment de bien-être rendant le fentanyl une drogue de choix pour le consommateur. De ce point de vue, le fentanyl ne semble pas dangereux, mais bénéfique pour l'organisme.

Or, les principaux récepteurs affectés par le fentanyl se retrouvent à l'intérieur du bulbe rachidien. Le bulbe rachidien est une structure du cerveau qui communique, sous forme d'influx nerveux, avec les poumons et le diaphragme pour réguler la respiration. Lorsque les molécules de fentanyl se lient aux récepteurs opioïdes, certains neurotransmetteurs sont mal libérés, ce qui entraîne une communication défectueuse. Une dépression respiratoire se fait ressentir puisque les poumons et le diaphragme accomplissent incorrectement leur fonction. La respiration devient lente et lourde. Les cellules du corps manquent lentement d'oxygène jusqu'à l'arrêt respiratoire suivi de la mort. Une dose de seulement 2 mg de fentanyl, l'équivalent de quelques grains de sel, peut causer la mort. Le fentanyl est une drogue sournoise.

Heureusement, il y existe un antidote en cas de surdose au fentanyl. En effet, la naloxone possède une plus grande affinité avec les récepteurs opioïdes que le fentanyl (3). De ce fait, les molécules « volent » le lien chimique entre le fentanyl et le récepteur. La naloxone a une structure chimique semblable à l'oxymorphone, un puissant opioïde, mais sans les conséquences des opioïdes.

Par effets consécutifs, la libération de neurotransmetteurs est augmentée, ce qui permet au bulbe rachidien de transmettre un message nerveux désormais adéquat au diaphragme et de rétablir une meilleure respiration.

Évidemment, la naloxone n'efface jamais l'effet ravageur du fentanyl et l'individu en surdose doit recevoir des soins médicaux d'urgence. La naloxone est offerte sans prescription dans la majorité des pharmacies du Québec. Elle est essentielle si l'on soupçonne une personne de notre entourage de consommer du fentanyl.

Soyez alertes, gardez les yeux grands ouverts, car le fentanyl peut frapper n'importe où, et même près de chez vous.

#### RÉFÉRENCES :

1. Howlett K. Canada's Opioid Crisis. [Internet]. The Canadian Encyclopedia. 2018 [cité le 14 mars 2018]. Disponible sur : <http://www.thecanadianencyclopedia.ca/en/article/canadas-opioid-crisis/>
2. Dubuc B. L'évitement de la douleur. [Internet]. Le cerveau à tous les niveaux! 2018 [cité le 18 mars 2018]. Disponible sur : [http://lecerveau.mcgill.ca/flash/a/a\\_03/a\\_03\\_m/a\\_03\\_m\\_dou/a\\_03\\_m\\_dou.html#2](http://lecerveau.mcgill.ca/flash/a/a_03/a_03_m/a_03_m_dou/a_03_m_dou.html#2)
3. Vapourisateur nasal NARCAN(MC) à 4 mg. [Internet]. Adapt Pharma Canada Ltd. 2017 [cité le 25 février 2018]. Disponible sur : <https://www.narcannasalspray.ca/fr-CA>

# L'HIMALAYA, PLUS AUCUN SECRET

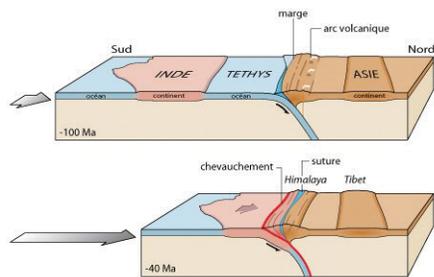
Par Laurianne Lavallée, Claudie Mooijekind et Laurie St-Amant

Exceptionnel par son altitude, l'Himalaya abrite plusieurs sommets qui dépassent les 8 000 mètres. C'est pour cette raison que des chercheurs provenant du monde entier se sont intéressés à la formation de cette immense chaîne de montagnes.

Les chercheurs sont tous émerveillés quant à l'étude de l'Himalaya. De par sa structure unique et sa haute altitude, l'Himalaya a permis aux chercheurs de tout connaître sur son contexte de formation.

En fait, au nord de l'Inde, où il se situe, il y a trois ceintures d'ophiolites, qui sont des roches constituant la plaque océanique (1). Elles ont chacune été témoins de fermetures d'océans par subduction, qui ont mené à la formation de cette chaîne de montagnes. Le principe de la subduction correspond à la convergence entre deux plaques tectoniques. Lorsqu'une plaque a une densité assez élevée, comme c'est le cas pour une plaque tectonique océanique, elle va s'enfoncer sous l'autre plaque, qui, dans le cas de l'Himalaya, est une plaque continentale. La plaque océanique qui s'enfonce va donc fondre au fur et à mesure qu'elle entre dans le manteau de la Terre. Lorsque la plaque océanique est totalement enfoncée dans le manteau, il y a collision entre deux plaques continentales. Par exemple, sur la figure 1, la collision se produit entre la plaque Inde et la plaque Asie. Cette collision entre les deux continents mène à la fermeture définitive de l'océan. Une convergence entre deux plaques tectoniques continentales ne peut pas faire de subduction, car la densité des plaques continentales est trop faible. Cela produit plutôt une collision entre les deux plaques continentales qui déforme les roches de celles-ci pour former une chaîne de montagnes telle que l'Himalaya. Sa formation s'est produite en trois étapes distinctes, qui correspondent à trois collisions entre différents continents.

La formation de l'Himalaya a débuté dès la fin du Paléozoïque, donc vers -250 millions d'années. À cette époque, seulement deux grands continents étaient présents sur Terre, soit la Laurasia (au nord) et le Gondwana (au sud), séparés par l'océan Paléothéthys.



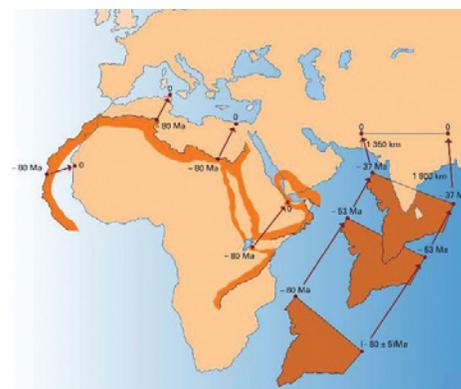
**FIGURE 1** Subduction d'une plaque océanique (TÉTHYS) en dessous d'une plaque continentale (ASIE) et collision entre la plaque de l'Inde et celle de l'Asie menant à la formation de l'Himalaya. Source : Géosciences Montpellier. Collision Inde Asie. [Image en ligne]. 2015 [Consulté le 11 avril 2018]. Disponible : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Collision\\_IndeAsie.jpg](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Collision_IndeAsie.jpg)

La Laurasia était formée de l'Asie, tandis que le Gondwana contenait l'Inde, le Tibet ainsi que l'Afrique, l'Amérique du Sud, l'Australie et l'Antarctique (1). C'est le microcontinent Nord-Tibet qui s'est initialement détaché du Gondwana, pour migrer vers le nord, soit vers la Laurasia. Cette migration s'est produite au cours du Paléozoïque terminal et du Trias, il y a 240 millions d'années. Pendant cette migration, l'océan Paléothéthys s'est fermé progressivement par subduction sous la Laurasia. Un nouveau bassin océanique s'est formé simultanément entre le microcontinent Nord-Tibet et le Sud-Tibet, appelé la « Mésotéthys ». C'est vers -200 millions d'années (au Trias) que le microcontinent Nord-Tibet est entré en collision avec la Laurasia. Cette collision a créé une première chaîne de montagnes. Suivant la même logique, le Sud-Tibet s'est détaché du Gondwana, créant un nouveau microcontinent vers la fin du Paléozoïque et le début du Trias (-210 millions d'années) pour migrer vers le nord, c'est-à-dire vers le Nord-Tibet. L'Océan Mésotéthys s'est donc fermé par subduction sous le Nord-Tibet pendant qu'un nouveau bassin océanique, la Néotéthys, s'est ouvert entre le Sud-Tibet et le Gondwana.

La troisième collision s'est produite entre l'Inde et l'Asie, et celle-ci a été la plus importante dans l'histoire de la formation de l'Himalaya.

Le Sud-Tibet est entré en collision avec le Nord-Tibet au cours du Jurassique supérieur et du Crétacé inférieur, il y a 140 millions d'années, refermant ainsi la Mésotéthys et créant une nouvelle chaîne de montagnes. Donc, à ce stade, deux collisions continentales se sont produites, soit entre le Nord-Tibet et l'Asie et entre le Sud-Tibet et le Nord-Tibet (1).

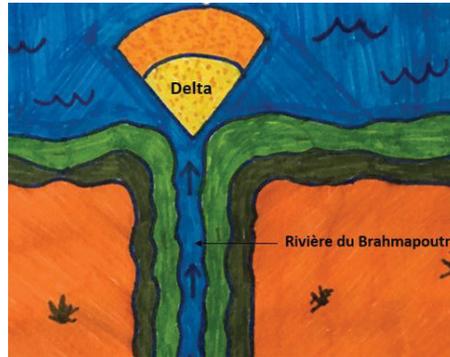
La troisième collision s'est produite entre l'Inde et l'Asie, et celle-ci a été la plus importante dans l'histoire de la formation de l'Himalaya (2). Il y a 85 millions d'années, l'Inde appartenait encore au Gondwana et était séparée de l'Asie par un océan large de 6 000 kilomètres, la Néotéthys. L'Inde a donc commencé à se séparer du Gondwana pour migrer vers le nord, c'est-à-dire vers l'Asie, plus particulièrement vers le Sud-Tibet, comme vous pouvez l'observer dans la figure 2. Alors que l'Inde migrait vers le nord à une vitesse impressionnante de plus de 5 centimètres par an, la plaque océanique de la Néotéthys s'est enfoncée par subduction sous la plaque continentale de l'Asie. La collision entre l'Inde et l'Asie s'est produite il y a environ 45 millions d'années. Comme expliqué précédemment, la plaque continentale de l'Inde ne pouvait pas s'enfoncer sous l'Asie, ce qui a créé des déformations, des plissements et de grands cisaillements des plaques continentales, lesquels ont mené à la formation de cette chaîne de montagnes si incroyable qu'est l'Himalaya (2).



**FIGURE 2** Migration de l'Inde vers l'Asie. Source : Encyclopédie Universalis. Mouvements relatifs entre l'Eurasie, l'Inde et l'Afrique. [Image en ligne]. 2018 [Consulté le 10 avril 2018]. Disponible : <http://www.universalis-edu.com/media/V110423/>

Lors de la formation de l'Himalaya, de nombreuses vallées et rivières ont vu le jour. Une de ces rivières est la rivière du Brahmapoutre, longue de 2900 km. Le Brahmapoutre sillonne les parois de l'Himalaya et les érode sans cesse en raison de son fort courant à certains endroits, causant le transport d'une incroyable quantité de sédiments. Ces tonnes de sédiments défilent le long de la rivière et finissent par se déverser dans l'océan Indien, où le Brahmapoutre termine sa course. En arrivant à l'embouchure entre le Brahmapoutre et l'océan Indien, le courant de la rivière ralentit considérablement, menant à une dispersion des sédiments à l'entrée de l'océan. Cette dispersion provoque la formation d'un delta, un amas de sédiments qui s'épaissit au fond de l'océan avec le temps, comme on peut l'observer dans la figure 3 (3).

Le delta créé par la rivière du Brahmapoutre se nomme le « delta du Brahmapoutre », toutefois, plusieurs le nomment le « delta du Bengale » ou le « delta du Gange ». Ce delta est énorme; il s'étend jusqu'au Bangladesh et a une superficie de 93 000 km<sup>2</sup>, ce qui fait de lui le plus grand delta du monde entier.



**FIGURE 3** Représentation du delta du Brahmapoutre. Source : Laurianne Lavallée, dessin, 2018, Mercier.

Bref, il est évident que l'Himalaya regorge de merveilles géologiques, toutefois, cette chaîne de montagnes cause de nombreux problèmes aux populations avoisinantes. En effet, le delta du Brahmapoutre, indirectement créé par l'Himalaya, est sujet à de nombreuses inondations perturbant les populations riveraines du Bangladesh. Ces inondations détruisent une majorité de leurs récoltes et de leurs habitations, ce qui rend leur vie encore plus difficile qu'elle ne l'est déjà. En revanche, comme l'Himalaya est toujours en formation à ce jour, qui sait ce que le Bangladesh deviendra dans les prochains millénaires ?

#### RÉFÉRENCES :

1. Mattauer M, Mercier JL, Jaubouin J. MONTAGNES - Formation des chaînes de montagnes - *Universalis.edu*. [Internet]. *Universalis.edu* 2018 [cité 10 avril 2018]. Disponible sur : <http://www.universalis-edu.com/encyclopedie/montagnes-formation-des-chaines-de-montagnes/>
2. Mattauer M, Mercier JL, Jaubouin J. Chaîne himalayenne - *Universalis.edu*. [Internet]. *Universalis.edu* 2018 [cité 10 mars 2018]. Disponible sur : <http://www.universalis-edu.com/encyclopedie/chaîne-himalayenne/>
3. Caron JM, Gauthier A, Lardeaux JM, Schaaf A. Comprendre et enseigner la planète terre. 1<sup>re</sup> éd. Paris : Ophrys; 1989. 303 p.

# LE CHEMIN LE PLUS RAPIDE POUR COMPRENDRE GOOGLE MAPS

Par Alexandre Gaignard, Hugo Leblanc-Dubuc et Olivier Poupart-Raïche

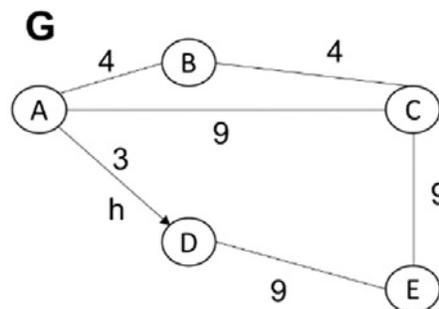
De plus en plus d'applications GPS nous permettent désormais de connaître les plus courts itinéraires pour nos déplacements quotidiens. La théorie des graphes nous permet de comprendre la mécanique derrière les applications les plus populaires, telles que « Google Maps » ou « Waze ».

Les avancées technologiques des dernières années ont apporté nombre de nouvelles découvertes, et ce, dans toutes les sphères scientifiques. Toutefois, les bases derrière certaines technologies extrêmement répandues, comme le GPS, remontent à beaucoup plus loin que le XXI<sup>e</sup> siècle. Le problème du plus court chemin, qui sera abordé dans cet article, remonte aux années 1700 et a pu être traité grâce à la théorie des graphes et, plus précisément, au XX<sup>e</sup> siècle grâce au fameux Edsger Dijkstra.

## Introduction à la théorie des graphes (1)

Un graphe est un ensemble non vide d'éléments appelés « sommets » et d'un ensemble

de paires de différents sommets, appelés « arêtes ». Un graphe est dit « orienté » lorsque chacune de ses arêtes, nommées « arcs », a un sens.



**FIGURE 1** Le graphe  $G$ , représentant un ensemble de points quelconques. Source : Alexandre Gaignard, Olivier Poupart-Raïche et Hugo Leblanc-Dubuc. schéma, 2018, Salaberry-de-Valleyfield

Le graphe  $G$  contient l'ensemble des sommets  $\{A, B, C, D, E\}$  et l'ensemble des arêtes  $\{\{A, B\}, \{B, C\}, \{A, C\}, \{C, E\}, \{D, E\}, \{A, D\}\}$ .

Ici pour l'arc  $h$ , l'origine est  $A$  et la destination est  $D$ . L'arc  $h$  est dit « sortant » en  $A$  et « incident » en  $D$ . On peut aussi dire que  $D$  est « successeur » de  $A$  tandis que  $A$  est « prédécesseur » de  $D$ . De plus, le nombre sur chacun des segments se nomme le « poids ». Dans les graphes où tous les segments ont un poids positif, ce dernier est identique à la distance.

Il s'agit de l'algorithme le plus efficace pour trouver le chemin le plus court dans un graphe.

## L'algorithme de Dijkstra (2)

Le meilleur moyen de déterminer le plus court chemin d'un point de départ vers un point d'arrivée est d'appliquer l'algorithme de Dijkstra, développé dans les années 90 par le mathématicien anglais Edsger Dijkstra.

Il s'agit de l'algorithme le plus efficace pour trouver le chemin le plus court dans un graphe où toutes les valeurs de poids sont positives. Il est donc très pratique dans notre cas, car des distances sur des routes ne peuvent pas être négatives. Toutefois, cet outil est complexe à programmer informatiquement. Afin de bien comprendre la méthode à utiliser, nous l'illustrerons à l'aide d'un exemple :

Considérons la figure 1 représentant le graphe  $G$  vu précédemment.

Nous cherchons le chemin le plus court pour nous rendre de  $A$  à  $E$ . Nous pourrions être tentés d'utiliser la méthode des « essais et erreurs ». Toutefois, sur un graphe de plus grande envergure, cette méthode s'avérerait pénible. Voici sommairement les étapes à suivre pour trouver ce chemin :

1. Construire un tableau (voir le tableau ci-dessous).
2. Partir de chaque sommet et lister ses sommets successeurs.
3. À chaque étape, toujours choisir le chemin le plus court dans la même colonne.
4. Continuer jusqu'à avoir atteint le sommet final par tous les chemins possibles.
5. Choisir le chemin le plus court.
6. Effectuer le chemin dans le sens inverse afin de trouver le trajet parcouru.

Construisons le tableau suivant :

A	B	C	D	E	Étape
					1
					2
					3
					4
					5

Comme nous partons de  $A$ , nous allons commencer par la première ligne. Il faut écrire la distance du sommet  $A$  à chacun des autres sommets selon cette notation : poids --- point de départ. Tout point n'ayant aucun sommet adjacent possède un poids infini. Par exemple, c'est le cas de  $A$  à  $E$ . De plus, comme nous ne reviendrons plus à  $A$ , les cases sous  $A$  seront marquées d'un « X ».

A	B	C	D	E	Étape
0	4-A	9-A	3-A	∞	1
X	4-A	8-B	∞	∞	2
X	X	8-B	∞	17-C	3
X	X	X	3-A	12-D	4
X	X	X	X	12-D	5

Nous avons donc traité le sommet  $A$ . Ensuite il faut appliquer les mêmes étapes à partir du sommet  $B$ . Notez que les distances écrites seront la somme de toutes les distances parcourues. En effet, pour le sommet  $C$ , la distance écrite sera  $8-B$ , car nous avons parcouru 4 unités à partir de  $A$  et ensuite 4 unités à partir de  $B$ .

A	B	C	D	E	Étape
0	4-A	9-A	3-A	∞	1
X	4-A	8-B	∞	∞	2

Dans certains cas, nous avons deux chemins possibles, cependant, cela ne pose pas problème : il suffit de prendre le chemin le plus court dans la colonne. Les mêmes étapes s'appliquent ensuite jusqu'au traitement de tous les sommets.

A	B	C	D	E	Étape
0	4-A	9-A	3-A	∞	1
X	4-A	8-B	∞	∞	2
X	X	8-B	∞	17-C	3
X	X	X	3-A	12-D	4
X	X	X	X	12-D	5

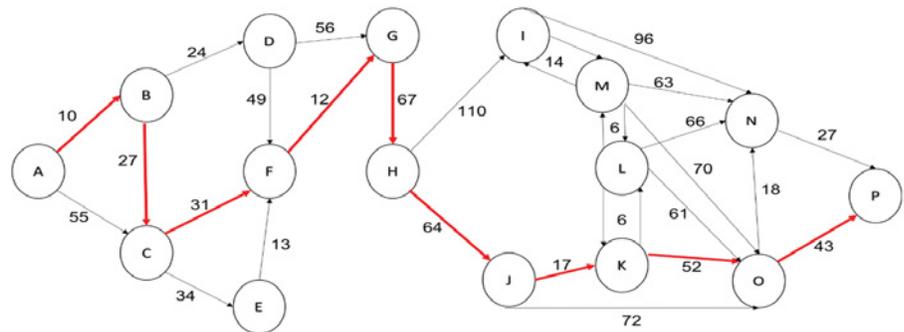
Pour conclure, il faut effectuer le parcours à l'envers afin d'obtenir le trajet de distance 12. En analysant le tableau, il est possible de constater qu'à partir de  $E$  le chemin le plus court provient de  $D$ , alors qu'à partir de  $D$ , le chemin le plus court provient de  $A$ . Ainsi, nous pouvons conclure que le plus court chemin est le chemin  $A-D-E$ .

### Application au réseau routier

Afin de tester l'algorithme, voyons maintenant une application de celui-ci à cet exemple.



**FIGURE 2** Les différents points utilisés pour calculer l'itinéraire le plus rapide entre le point A et P. Source : Google Maps. [Consulté le 5 avril 2018]. Modifié par Olivier Poupard-Raïche, 2018, Salaberry-de-Valleyfield.



**FIGURE 3** Le graphe représentant les multiples possibilités de chemin entre les points A et P. Les nombres indiqués sur chaque arête est le temps nécessaire pour se rendre d'un point à un autre. Le chemin de couleur rouge étant le chemin le plus rapide. Source : Alexandre Gagnard, Olivier Poupard-Raïche et Hugo Leblanc-Dubuc, schéma, 2018, Salaberry-de-Valleyfield

À partir de la figure 2, nous avons bâti le graphe présenté dans la figure 3. Après avoir utilisé l'algorithme de Dijkstra, nous avons obtenu que le chemin en rouge était le parcours le plus court. Nous avons comparé ce résultat avec l'itinéraire proposé par « Google Maps » afin de vérifier l'exactitude de l'algorithme. Les itinéraires sont identiques, mais le temps total requis n'est pas le même. En effet, Google obtient un temps plus élevé.

En conclusion, il n'est pas si complexe de déterminer le plus court trajet pour se rendre d'un point  $A$  à un point  $B$ . Tout ce dont vous avez besoin, c'est d'une carte routière, d'un papier, d'un crayon et de beaucoup de temps qui aurait pu être gagné en utilisant « Google Maps ».

### RÉFÉRENCES :

1. Fraysse, F. Théorie des graphes [Internet]. Jean-Paul Calvi. 2010 [cité 26 fév 2018]. Disponible sur : [http://univ.jeanpaulcalvi.com/JPC\\_MATH\\_ENS\\_FILES/tesi/Somon\\_Fraysse2.pf](http://univ.jeanpaulcalvi.com/JPC_MATH_ENS_FILES/tesi/Somon_Fraysse2.pf)
2. Monka Y. Utiliser l'algorithme de Dijkstra- Terminale [Internet]. 2014 [cité le 1<sup>er</sup> mars 2018]. Disponible sur : <https://www.youtube.com/watch?v=rHylCtXtdNs>

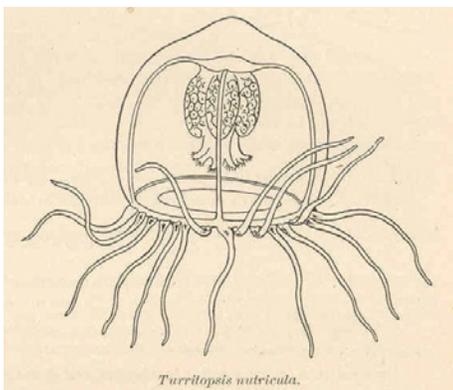
# TURRITOPSIS NUTRICULA : L'IMMORTALITÉ EST À NOS PORTES!

Par Janel Beaudin, Olivier Langlois et Nicolas Masse

*Minuscule, translucide et aquatique : voilà les caractéristiques de ce tout petit être. Ce qui le différencie? Il est biologiquement immortel... Saura-t-il nous apprendre à contourner l'inévitable?*

L'Homme cherche constamment à repousser ses limites. Pourtant, une limite a toujours su lui résister : sa propre mort. C'est une réalité sur laquelle nous n'avons aucune emprise. La mort résulte en partie du vieillissement normal de nos cellules. Mais comment cela fonctionne-t-il? La théorie la plus répandue est celle qui porte le nom de la *théorie de la programmation génétique* mise au point par Leonard Hayflick. (1) Selon cette théorie, les cellules humaines, après un certain nombre de divisions cellulaires, arrêteraient de se diviser et mourraient. Ce phénomène mystérieux reste encore à être élucidé, mais peut-être que l'étude d'un petit être aquatique immortel, la méduse *Turritopsis nutricula*, nous fournira la clé de l'énigme.

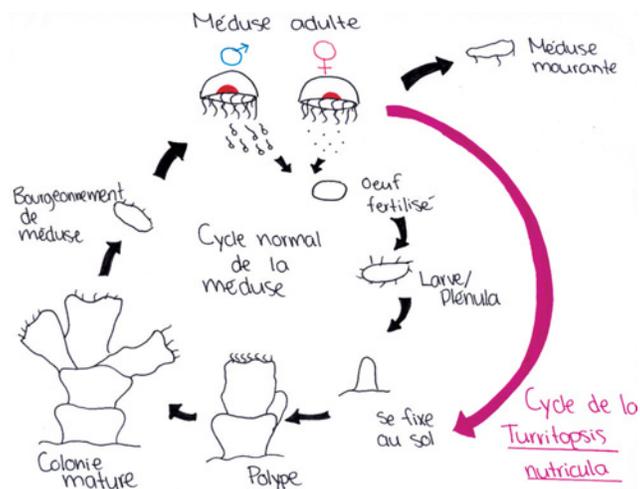
D'un point de vue anatomique, *Turritopsis nutricula* mesure seulement 4 à 5 mm, soit à peine la taille d'un ongle! Elle est aussi caractérisée par son estomac d'un rouge éclatant situé au centre de son corps (voir la figure 1). De plus, les méduses sont des organismes translucides en forme de dôme (ou de cloche) auquel se rattachent des tentacules. Les plus jeunes spécimens ont environ huit tentacules alors que les adultes en ont de 80 à 90! (2)



**FIGURE 1** Représentation de la méduse immortelle. Source : Hargitt CW. Medusae of the Woods Hole Region. Bulletin of the Bureau of Fisheries. 1905; 24: 21-79. Figure 1, *Turritopsis nutricula*; p. 37.

Or, la plus grande particularité de cette méduse reste sa capacité à inverser son processus de vieillissement, ce qui la rend biologiquement immortelle, et ce, tant et aussi longtemps que son centre nerveux demeure intact! Mais comment réussit-elle ce prodige?

D'abord, il est important de connaître le cycle de reproduction des méduses. Commençons notre exploration en observant une méduse mâle et une méduse femelle (voir la figure 2). Le mâle va libérer dans l'eau des spermatozoïdes qui iront féconder les œufs libérés par la femelle. Une fois la reproduction sexuée effectuée, les méduses adultes vont dégénérer petit à petit jusqu'à finalement s'éteindre. Les œufs qui auront été fécondés vont devenir des larves ciliées ressemblant à des œufs, mais avec des cils. Chaque larve va couler jusqu'aux fonds marins où elle va se fixer au substrat. Elle pourra alors continuer de se développer en formant avec ses congénères un polype qui va se développer jusqu'à devenir une colonie mature après environ deux jours. La colonie pourra alors se reproduire de manière asexuée, c'est-à-dire sans partenaire sexuel de sexe opposé. Cette reproduction se produit grâce au processus du bourgeonnement, un peu comme le font les arbres au printemps. Les bourgeons vont ensuite se détacher du polype mère et terminer leur développement dans l'eau. (3)



**FIGURE 2** Cycle de vie des méduses et comparaison avec *Turritopsis nutricula*. Source : Janel Beaudin, dessin, 2018, Salaberry-de-Valleyfield.

Ils prendront petit à petit une forme de cloche, leurs tentacules se formeront et, au bout de seulement deux semaines, ils seront devenus des méduses adultes prêtes à poursuivre leur cycle de vie! (2)

Ce processus peut se poursuivre indéfiniment tant que le système nerveux demeure intact, d'où son immortalité.

C'est à la suite de la reproduction sexuée qu'un individu de l'espèce *Turritopsis nutricula* va inverser son processus de vieillissement. En effet, il va rétracter tous ses tentacules qui finiront par disparaître et se refermer sur eux-mêmes. La méduse va ainsi devenir un amas de cellules très peu spécialisées, donc n'ayant pas de fonction particulière. Cet amas va s'attacher au sol et former un autre polype. La méduse produira alors des copies conformes d'elle-même. Ce processus peut se poursuivre indéfiniment tant que le système nerveux demeure intact,

d'où son immortalité. Elle demeure bien évidemment sujette aux dangers présents dans son environnement. En revanche, dans toutes les situations pouvant compromettre sa survie, la méduse peut activer l'inversion de son processus de vieillissement afin de se protéger. Ce processus se produit par un mécanisme de transdifférenciation. (3)

De manière globale, la transdifférenciation est le processus selon lequel une cellule ayant autrefois une fonction spécifique se retrouve alors avec une fonction complètement différente. Un neurone pourrait, par exemple, devenir une cellule musculaire. On peut donc dire que la méduse a la capacité de transformer toutes ses cellules en d'autres cellules. Comment cela se produit-il ? Il faut d'abord définir le concept de cellule souche.

Il en existe plusieurs variantes, mais, dans ce cas, ce sont les cellules souches adultes qui entrent en jeu. Celles-ci sont des cellules souches représentant un intermédiaire entre des cellules souches qui n'ont jamais été spécialisées et les cellules complètement spécialisées. Ainsi, les cellules souches adultes ne sont pas spécialisées et ont donc la possibilité de devenir n'importe quelle cellule de l'organisme. (3) Dans le cas de la méduse, le processus de transdifférenciation lui permet de renvoyer ses cellules à un état de cellule souche adulte et de les spécialiser à nouveau pour accomplir une fonction nécessaire. Elle retourne donc à un stade juvénile en changeant le fonctionnement de ses cellules. Le déroulement exact de ce processus est encore inconnu et attire l'attention de bien des scientifiques.

Enfin, la *Turritopsis nutricula* pourrait bien détenir les réponses dont l'Homme a besoin pour vaincre sa propre mortalité. Il reste à savoir si le processus de transdifférenciation qui la rend si précieuse pourrait être possible chez un être humain et nous permettre de guérir des maladies dégénératives jusqu'alors incurables. Si cela se concrétisait, jusqu'où pourrions-nous repousser notre mort ?

#### RÉFÉRENCES :

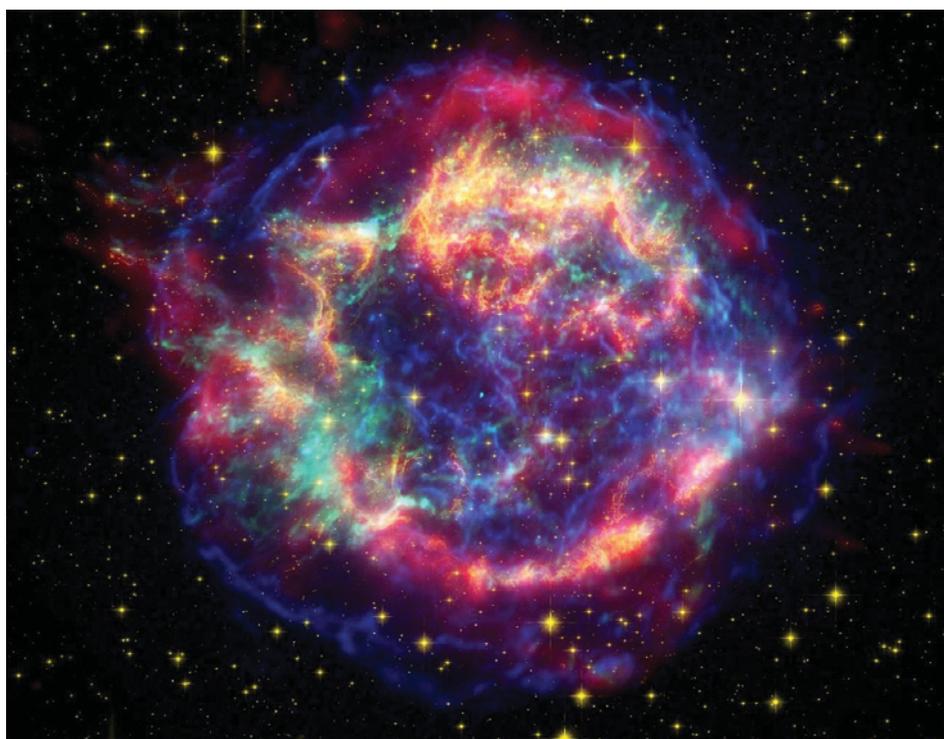
1. Marieb EN, Hoehn K, Moussakova L, Lachaine R. Anatomie et physiologie humaines. 5e éd. Montréal : Pearson ERPI; 2015. 1308 p.
2. Hongbao Ma, Yang Y. *Turritopsis nutricula*. Nat Sci [Internet]. 2010 [cité 13 mars 2018]; 8 (2):15-20. Disponible sur : [https://www.researchgate.net/publication/242615615\\_Turritopsis\\_nutricula](https://www.researchgate.net/publication/242615615_Turritopsis_nutricula)
3. Guernon S. La méduse immortelle [Internet]. Curioçité. 2017 [cité 13 mars 2018]. Disponible sur : <http://explorecurioçite.org/Explorer/ArticleId/5381/la-mduse-immortelle.aspx>

## LES DIMENSIONS CACHÉES DE NOTRE UNIVERS

Par Marianne Hébert, Claudelle Jolicoeur et Stéphanie Mathieu

*Les trous noirs relèvent de l'invisible ! Ils n'ont ni forme, ni composition chimique, ni couleur. Seuls la masse d'un trou noir, son moment cinétique, ainsi que sa charge électrique peuvent être définis. Alors comment certains phénomènes physiques peuvent-ils exister si même la science ne peut les expliquer ?*

Depuis des millénaires, l'humanité se questionne sur l'origine de l'Univers et sur ce qui le compose. De nombreux phénomènes font encore l'objet de plusieurs interrogations chez les scientifiques et chez les philosophes. Mais que faire lorsque certaines théories ne peuvent être confirmées ? Heureusement, à ce jour, de nombreuses découvertes technologiques permettent de prouver des thèses relatives aux trous noirs. Par exemple, l'évolution des techniques d'observation astronomique a permis de confirmer l'existence de plusieurs types de trous noirs ainsi que de prouver que les trous noirs ne sont pas réellement des « trous ». Intéressons-nous ici au trou noir stellaire et au rayon de Schwarzschild.



**FIGURE 1** Supernova en action. Source : Hubble Space Telescope. Cassiopeia A. [Image en ligne]. 2004 [Consulté le 18 avril 2018]. Disponible : <https://www.jpl.nasa.gov/spaceimages/details.php?id=pia03519>

Un trou noir stellaire est un trou noir qui se forme à partir de l'effondrement d'une étoile supermassive sur elle-même. On dit qu'une étoile est assez massive pour former un trou noir lorsque sa masse est environ 30 fois la masse du Soleil. La masse du Soleil est de  $2 \times 10^{30}$  kg, on peut donc conclure que la masse de ces étoiles est énorme. Toutes les étoiles évoluent de façon semblable, cependant l'évolution des étoiles supermassives, en plus de se dérouler en accéléré, est modifiée vers la fin de leur vie. Les étoiles sont formées de plusieurs couches concentriques. Ces couches sont formées grâce au phénomène de fusion nucléaire lorsque des noyaux légers (hydrogène et hélium, par exemple) s'assemblent pour former un noyau plus lourd. Dépendamment de la température, la fusion nucléaire forme des noyaux différents. Plus cette température est élevée, plus le noyau formé peut être lourd. C'est au centre des étoiles supermassives que la température est la plus élevée; on parle de plus de  $3000 \times 10^6$  Kelvin, ce qui entraîne donc la formation rapide de fer, un métal lourd. L'augmentation de la quantité de fer dans le noyau favorise sa contraction, soit la diminution de son volume, et fait augmenter la température autour du noyau. Celle-ci permet alors la fusion d'éléments plus lourds. Ces processus de fusion nucléaire s'enchaîneront jusqu'à ce que le centre de l'étoile soit très lourd et entouré de plusieurs couches de gaz de plus en plus légers. (1)

**Le volume du noyau de ces étoiles diminue de façon considérable, ce qui provoque la propagation d'une onde de choc qui cause une explosion gigantesque.**

Il arrive alors un moment où la force gravitationnelle est trop grande et la force due à la pression venant de la chaleur dégagée par la fusion qui garde l'étoile à sa taille normale n'est plus suffisante, car le fer ne peut pas fusionner en un élément plus lourd.

C'est alors que se produit un phénomène nommé *catastrophe du fer*. Le noyau de fer s'effondre sur lui-même en une fraction de seconde. Toute sa matière tombe vers le centre; les particules négatives (électrons) et les particules positives (protons) vont s'unir pour former des particules neutres (neutrons). Subséquemment, les neutrons vont s'effondrer sur eux-mêmes, puisque la force engendrée est trop grande pour que la pression de dégénérescence des neutrons les préserve. Le volume du noyau de ces étoiles diminue de façon considérable, ce qui provoque la propagation d'une onde de choc qui cause une explosion gigantesque. C'est la naissance d'une supernova qui libère environ autant d'énergie que 10 milliards de Soleil (voir figure 1). Le trou noir est ce qui reste du noyau après l'explosion. (1)

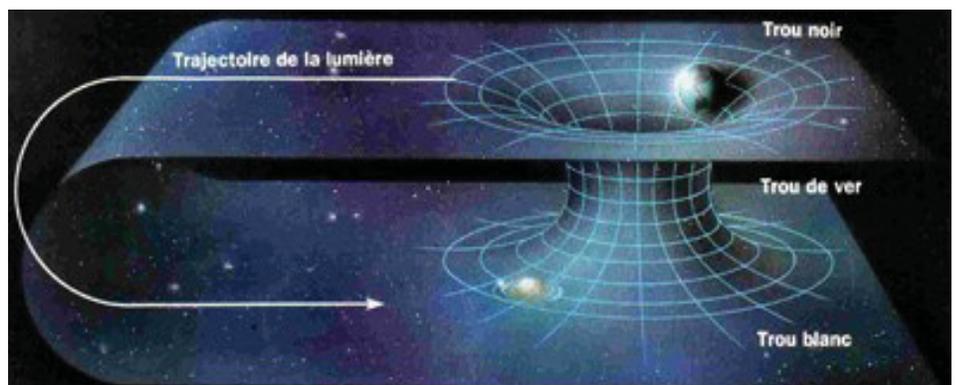
Alors pourquoi le trou noir n'est-il pas un trou? Un trou noir est principalement caractérisé par l'existence d'un horizon. Celui-ci est une surface sphérique qui délimite la région d'où toute matière et même la lumière, ne peut sortir. Le rayon de cette sphère porte le nom de rayon de Schwarzschild et peut être défini comme le rayon d'une sphère englobant une masse si dense que la vitesse de libération est égale ou supérieure à la vitesse de la lumière dans le vide. La lumière ne peut donc pas s'en échapper. En effet, la vitesse de libération est la vitesse minimale que doit avoir un projectile afin d'échapper à l'attraction gravitationnelle d'un astre. Comme cette vitesse de libération est égale ou supérieure à celle de la lumière, toute particule se trouvant à une distance inférieure à celle du rayon de Schwarzschild ne pourra avoir suffisamment d'énergie pour se libérer du trou noir. Le rayon de Schwarzschild démontre ainsi que le trou

noir n'est pas qu'un simple « trou » dans l'univers, mais plutôt une sphère ayant une attraction gravitationnelle immense délimitée par son horizon. (2)

Pour conclure, les trous noirs stellaires sont formés par l'effondrement rapide du noyau des étoiles supermassives sur elles-mêmes. Quant au rayon de Schwarzschild, il correspond à la distance d'un horizon au-delà duquel toute matière est capturée et retenue par l'irrésistible attraction gravitationnelle du trou noir. Mais que devient alors la matière retenue par les trous noirs? Albert Einstein et Nathan Rosen se sont penchés sur cette question et ont proposé la théorie du voyage dans le temps, le concept du « trou de ver ». Celui-ci relève de la théorie de la relativité et il suggère la possibilité qu'un trou noir ait une sortie qui se situerait très loin du trou d'entrée. Celle-ci rejeterait tout ce que le trou noir aurait absorbé : les étoiles, les roches, la poussière et même la lumière, d'où son nom « trou blanc » (voir figure 2). Le trou noir et le trou blanc seraient alors reliés par un pont, le pont d'Einstein-Rosen, qui permettrait de voyager dans le temps à une vitesse dépassant celle de la lumière ( $3,00 \times 10^8$  m/s) (3). Toutefois, comme il est encore impossible de prouver cette théorie, nous devons nous contenter de notre imagination pour voyager vers des mondes parallèles.

#### RÉFÉRENCES :

1. Pelletier D. Classification et évolution des étoiles. [Internet] Introduction à l'astronomie et l'astrophysique. 5<sup>e</sup> éd. Salaberry-de-Valleyfield; 2010. 251 p.
2. Sacco L. Trou noir [Internet]. Futura. [cité 16 mars 2018]. Disponible sur : <https://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/univers-trou-noir-62/>
3. Alois. Un trou noir, qu'est-ce que c'est ? [Internet]. ScienceJunior.fr. [cité 6 avr 2018]. Disponible sur : <http://sciencejunior.fr/espace-et-planetes/un-trou-noir-quest-ce-que-cest>



**FIGURE 2** Schéma d'un trou de ver. Source : Jean Mertens. Espace-temps. [Image en ligne]. 2011 [Consulté le 6 avril 2018] Disponible : <https://www.editionsdenullepart.info/index.php/astrophysique/219-concepts-vocabulaire/2561-espace-temps>

# TRAVAILLER LA NUIT, UN DANGER POUR LA VIE

Par Sanae Fkyerat, Jean-Christophe Leduc et Katherine Séguin

*Au Québec, les conditions de travail de nos infirmières et infirmiers font souvent les manchettes. Quarts de travail exagérément longs, horaires absurdes et sommeil quasi absent font probablement partie de leur quotidien. Or, quels sont les impacts de cette constante insomnie ?*

Saviez-vous que, selon les recommandations de la *National sleep foundation's*, pour que l'humain puisse bien accomplir ses tâches et avoir de l'énergie durant une journée, il lui faut de 7 à 9 heures de sommeil par jour (1)? Le sommeil est induit grâce à la régulation de la production de la mélatonine, une hormone, fabriquée par le noyau suprachiasmatique (SCN), lui-même situé dans l'hypothalamus. Ainsi, le noyau suprachiasmatique contrôle le rythme circadien, qui regroupe tous les processus biologiques cycliques comme le cycle veille-sommeil, principalement influencé par la lumière.

Malheureusement, certains emplois viennent perturber le rythme circadien. En effet, un emploi qui exige de longues heures de travail, tout comme un emploi de nuit qui comporte un horaire irrégulier, a pour effet de diminuer la qualité du sommeil. Cette perturbation est problématique, car elle pourrait mener à plusieurs maladies, telles que l'obésité, des maladies cardiovasculaires et des troubles cognitifs. Dans le domaine de la santé, surtout chez le personnel infirmier, travailler plus de 12 heures consécutives est fréquent. Ces personnes font donc face à une privation de sommeil, soit « [...] l'obtention d'un sommeil inadéquat pour supporter une vigilance diurne adéquate. » (2) À long terme, la privation de sommeil vient gêner la fonction cognitive, l'attention, l'apprentissage et la mémoire de l'humain. Dans le milieu de la santé, où ces fonctions sont indispensables, le sommeil est nécessaire pour éviter de faire des erreurs qui mettraient la vie de plusieurs patients en danger. Cela a poussé des scientifiques à poursuivre des recherches sur ce sujet.

En Inde, une recherche a été faite afin d'évaluer la qualité du sommeil et les performances d'une centaine d'infirmiers et infirmières selon leur quart de travail (3). Leur manque de sommeil présente-t-il un risque pour leur santé et celle de leurs patients ?

Parmi les infirmiers et infirmières des hôpitaux *Peelamedu Samanaidu Govindasamy* de la ville de Coimbatore, en Inde, une centaine ont été sélectionnés pour faire partie de l'étude qui s'est déroulée d'août à septembre 2016. Ces 97 infirmières et 3 infirmiers de 20 à 50 ans devaient être en santé physiquement et mentalement, de même que travailler en rotation depuis au moins un an. En effet, dans ces hôpitaux, le travail infirmier se fait en rotation, ce qui signifie que les quarts de travail s'alternent : l'équipe de nuit est celle de jour le mois suivant. Aussi, peu importe leur département, les personnes retenues devaient être de celles qui travaillent huit heures par jour, et ce, six jours par semaine. Afin d'obtenir des résultats valables, les personnes ayant des antécédents médicaux comme des troubles du sommeil ont été exclues, de même que celles qui fument, qui consomment de l'alcool régulièrement ou qui ont pris des médicaments durant les deux semaines précédant l'étude.

Cette étude a démontré que, parmi les personnes participantes, 69 % avaient des troubles de sommeil.

Lors de certains jours de l'étude, à huit reprises les personnes choisies ont fait évaluer leur manque de sommeil grâce à l'échelle de somnolence Epworth (ESS). Celle-ci évalue de 0 à 3 la probabilité qu'elles s'endorment. De plus, durant l'étude, chaque personne participant à l'étude a effectué une série de tests à deux reprises, soit à la fin d'un quart de travail de jour et à la fin d'un quart de travail de nuit.

Les fonctions intellectuelles, les fonctions exécutives, la vitesse de traitement de l'information, l'attention et la mémoire sont les fonctions cognitives qui ont été évaluées de différentes manières. Les fonctions intellectuelles, telles que le langage, la mémoire ou l'orientation, ont été évaluées à l'aide du *Montreal Cognitive Assessment* (MoCA), un test de 10 minutes. Parmi les aspects des fonctions exécutives, c'est l'inhibition et la mémoire de travail qui ont été évalués, et ce, à l'aide d'applications mobiles, telles que *Confusing colours (stroop test)* et *Memoryze*. L'application mobile *Vigilance test*, quant à elle, a évalué l'attention des infirmiers et infirmières, soit leur capacité à répondre à un stimulus dans un temps limité.

De façon générale, le personnel travaillant de jour a obtenu de meilleurs résultats aux différents tests, mais certains tests sont plus significatifs que d'autres. Grâce à l'ESS, cette étude a démontré que, parmi les personnes participantes, 69 % avaient des troubles de sommeil.

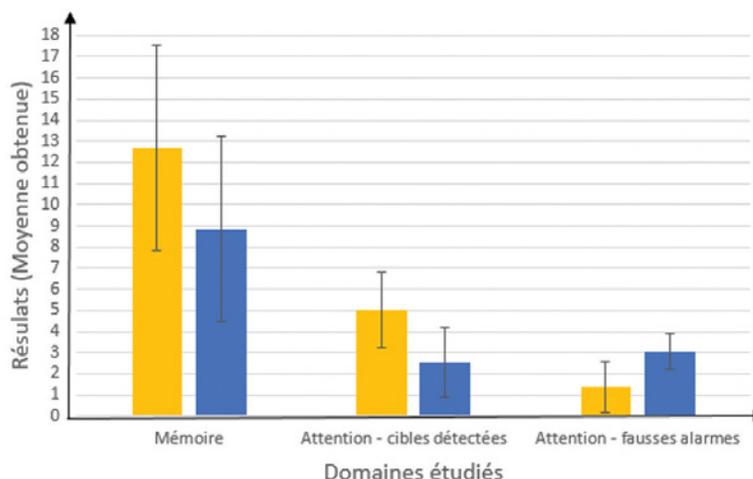
Certains tests témoignent d'un plus grand écart entre les résultats des personnes ayant travaillé le jour et celles ayant travaillé la nuit. En ce qui concerne le test de la mémoire, il y a une différence de 3,81 points entre les deux moyennes des résultats, ce qui représente un écart de plus de 25 % entre le quart de jour et de nuit. Quant à l'attention, la différence entre ces valeurs est également significative puisque le personnel infirmier du quart de jour a détecté deux fois plus de cibles que le personnel du quart de nuit. De plus, il y a plus de deux fois moins de fausses alarmes durant le jour que durant la nuit. En fait, au test de l'attention, 83 % ont eu des résultats moins élevés la nuit que le jour. Notons toutefois que le coefficient de variation est supérieur à 15 % pour chacun de ces tests, ce qui témoigne d'une grande dispersion des données.

Stades du sommeil	Nombres d'infirmiers(ères)	Pourcentage d'infirmiers(ères) (%)
Sommeil acceptable	31	31,0
Léger manque de sommeil	42	42,0
Important manque de sommeil	17	17,0
Sévère manque de sommeil	10	10,0
Total	100	100,0

**FIGURE 1** Répartition du personnel infirmier selon les stades du manque de sommeil. Source : Jean-Christophe Leduc, tableau à partir des données de l'étude, 2018, Salaberry-de-Valleyfield

Malgré tout, cette étude a démontré que les personnes qui travaillent avaient des résultats plus faibles aux tests passés durant la nuit qu'à ceux effectués pendant le jour. Les longues heures de travail, soit 13 à 14 heures de travail par jour, de même que les cycles irréguliers de sommeil expliquent les temps de réaction plus lents aux divers tests, et ce, surtout la nuit.

En terminant, le fait qu'il y a eu plusieurs tests pour évaluer les fonctions cognitives des infirmiers et infirmières est un point fort de cette expérience. Toutefois, certains domaines cognitifs n'ont pas été testés dans cette étude (3). Considérer ces points serait une façon d'améliorer l'expérience, de même que d'augmenter le nombre de personnes participantes afin d'augmenter la précision des données. Il serait intéressant d'étudier des personnes de différentes professions et de différents milieux de travail.



**FIGURE 2** Résultats significatifs sur le manque de sommeil des infirmiers et infirmières. Source : Jean-Christophe Leduc, graphique, 2018, Salaberry-de-Valleyfield

**RÉFÉRENCES :**

1. Hirshkowitz M, Whiton K, Albert SM. National sleep foundation's sleep time duration recommendations: methodology and results summary. *Sleep Health*. 2015;1(1):40-43.
2. Hershner SD, Chervin RD. Causes and Consequences of sleepiness among college students. *Nat Sci Sleep*. 2014;6:73-84.
3. Kaliyaperumal, D., Elango, Y., Alagesan, M., & Santhanakrishnan, I. (2017). Effects of Sleep Deprivation on the Cognitive Performance of Nurses Working in Shift. *Journal of Clinical and Diagnostic Research : JCDR*, 11(8), CC01–CC03. <http://doi.org/10.7860/JCDR/2017/26029.10324>

# UN POISON QUI SAUVE DES VIES

Par Andréanne Cardin et Marianne Schweitzer

*Anciens poisons utilisés par les indigènes d'Amérique du Sud, les curares sont passés du statut d'armes redoutées à celui de sauveurs de vies.*

Autrefois, les curares étaient des poisons utilisés par des tribus d'Amérique du Sud pour chasser. En janvier 1942, à l'Hôpital homéopathique de Montréal, on assiste à la première utilisation du curare sur un patient humain. (1) Durant les années qui ont suivi, des recherches ont permis de raffiner notre compréhension des applications des curares en médecine. À un point tel que ceux-ci sont devenus indispensables pour une chirurgie réussie.

Au moment d'une intervention chirurgicale, le patient est amené en salle d'opération (voir la figure 1). Il est accueilli par l'anesthésiste, un médecin qui a pour rôle d'endormir les patients qui subissent une opération. L'anesthésiste va administrer trois médicaments au patient : un hypnotique, qui va l'endormir profondément, un analgésique,

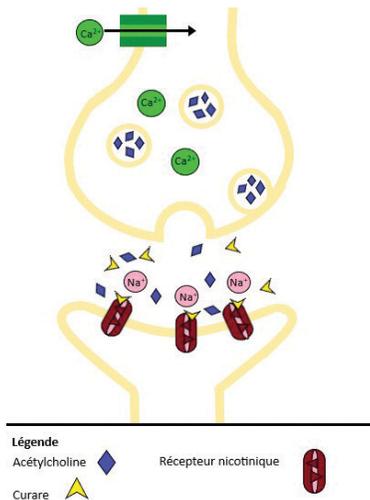
qui va l'empêcher de ressentir la douleur, puis un curare, qui va l'immobiliser. (2) Le curare est administré par voie intraveineuse, c'est-à-dire qu'il est injecté directement dans la circulation sanguine du patient. Le curare voyage dans le sang jusqu'à ce qu'il atteigne sa destination finale : une jonction neuromusculaire, le lieu de rencontre entre un neurone et une cellule musculaire.



**FIGURE 1** Photo d'une salle d'opération. Source : Vithas. Salle d'opération. [Image en ligne]. 8 mai 2014 [consulté le 3 avril 2018]. Disponible : <https://pixabay.com/fr/h%C3%B4pital-salle-d-op%C3%A9ration-m%C3%A9decin-2767950/>

C'est notre système nerveux qui contrôle nos mouvements. Le cerveau envoie des messages électriques, des influx nerveux, qui voyagent à travers les nerfs comme un courant électrique voyagerait dans un fil et permettrait de faire fonctionner une télévision. Les nerfs vont ensuite transmettre l'influx nerveux aux muscles, ce qui permet leur contraction. L'échange entre le nerf et le muscle se fait au niveau de la jonction neuromusculaire (voir la figure 2).

La jonction neuromusculaire peut être vue comme la fin du nerf et le début de la cellule musculaire ; deux structures s'emboîtant l'une dans l'autre, mais ayant un minuscule espace entre elles. On appelle cet espace « fente synaptique » et c'est là que se fait le transfert de l'influx nerveux entre les terminaisons nerveuses et la plaque motrice, la portion de la cellule musculaire qui reçoit l'influx. Pour transmettre l'influx nerveux au muscle, le nerf sécrète un neurotransmetteur appelé « acétylcholine » dans la fente synaptique.



**FIGURE 2** Dans la jonction neuromusculaire, le curare fait compétition à l'acétylcholine et va se fixer aux récepteurs nicotiniques. Source : Marianne Schweitzer, dessin effectué avec le logiciel « Paint 3D », 3 avril 2018, Salaberry-de-Valleyfield.

Cette molécule va aller se lier à un récepteur situé sur la plaque motrice. Ce récepteur, nommé « récepteur nicotinique », a la forme d'un canal bouché. Quand deux molécules d'acétylcholine se lient au récepteur, celui-ci s'ouvre pour laisser passer des ions, des atomes chargés positivement, qui créent un nouveau courant électrique dans le muscle, ce qui cause sa contraction. (3)

Les curares privilégiés pour une intervention chirurgicale sont ceux de type non dépolarisant. (2) Le curare injecté va aller se fixer sur les récepteurs nicotiniques aux sites de liaison de l'acétylcholine. Contrairement à l'acétylcholine, le curare ne va pas causer l'ouverture du récepteur, ce qui va empêcher la formation d'un nouvel influx électrique dans le muscle. L'action du curare ne se limite pas à un seul muscle : elle va donc interrompre la transmission de l'influx nerveux à tous les muscles du corps, sans exception. (3)

Avant le début de l'intervention, les médecins vont observer l'installation de la paralysie dans les muscles en stimulant un nerf du bras avec un courant électrique.

L'assistance respiratoire est indispensable quand on utilise des curares : sans intubation, le patient serait incapable de respirer et mourrait.

Le curare va induire une paralysie qui va commencer au niveau du visage et du cou et qui va se propager dans tout le corps pour finir par atteindre les muscles qui permettent la respiration : les muscles intercostaux et le diaphragme. À ce moment, les médecins vont procéder à l'intubation du patient. Ils vont lui insérer un tube dans la gorge et le relier à une machine qui va respirer à sa place (voir la figure 3). L'assistance respiratoire est indispensable quand on utilise des curares : sans intubation, le patient serait incapable de respirer et mourrait. L'intervention chirurgicale peut commencer une fois que le courant électrique envoyé dans le bras ne suscite plus aucune réponse musculaire : tous les muscles sont paralysés. (3)

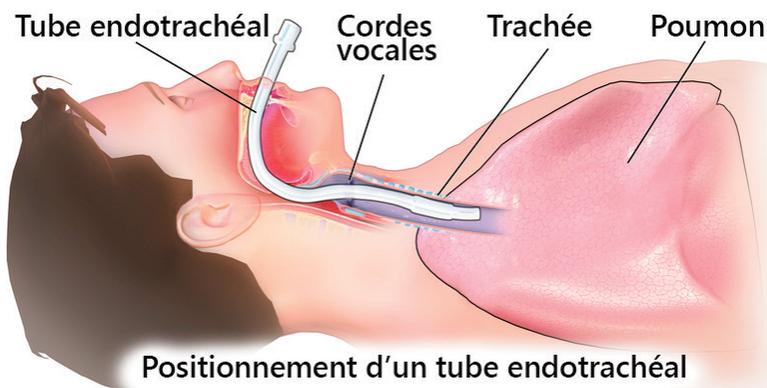
Les curares ont des effets différents sur chaque personne, c'est pourquoi il faut garder le patient en observation tout au long de l'intervention. On veut éviter que l'effet des médicaments diminue et que la paralysie induite par le curare se dissipe. Si nécessaire, on va administrer une autre dose de curare pour prolonger la curarisation. Après l'intervention, on doit surveiller le patient jusqu'à ce qu'il ait récupéré environ 25% de son activité musculaire normale. On reconnaît ce moment quand la stimulation du nerf dans le bras cause de petits spasmes musculaires. À cette étape, il est possible de neutraliser la curarisation en utilisant une substance anticholinestérasique, c'est-à-dire une molécule qui empêche l'acétylcholinestérase d'agir. L'acétylcholinestérase est une enzyme qui coupe l'acétylcholine en deux molécules plus petites et qui par le fait même arrête la transmission de l'influx entre le neurone et la cellule musculaire. Les anticholinestérasiques suppriment l'effet des acétylcholinestérasés,

ce qui augmente le nombre de molécules d'acétylcholine présentes dans la jonction neuromusculaire. L'acétylcholine est plus nombreuse que le curare et elle a donc plus de chance d'aller se fixer aux récepteurs. À mesure que l'acétylcholine se fixe aux récepteurs, l'influx nerveux provenant du cerveau commence à passer de mieux en mieux : le patient retrouve ses fonctions musculaires manquantes de plus en plus vite, jusqu'à ce que le curare n'ait plus aucun effet. L'agent neutralisant a cependant un effet secondaire : il ralentit considérablement la fréquence cardiaque du patient. La fréquence cardiaque est le nombre de fois que le cœur bat en une minute. C'est pourquoi on l'administre avec de l'atropine ou avec du robinul, des médicaments qui ont l'effet inverse : ils accélèrent la fréquence cardiaque. En administrant les deux médicaments ensemble, les médecins s'assurent que le cœur du patient bat à un rythme normal. (2) (3)

Après l'administration du médicament qui neutralise l'action du curare, le patient est envoyé en salle de réveil, où il restera pendant un certain temps, jusqu'à ce qu'il se soit remis de tous les effets de l'anesthésie. Nombreux sont les patients qui sortent de la salle de réveil sans même savoir ce que sont les curares, bien qu'ils aient aidé à sauver leur vie.

#### RÉFÉRENCES :

1. Dillane D, Chartrand D, Maltby R. Harold Griffith's legacy: a tribute on the 75th anniversary of the introduction of curare into anesthetic practice. *Can J Anesth Can Anesth* [Internet]. 2017 Jun 1 [cited 2018 Mar 13];64(6):559-68. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12630-017-0864-6>
2. Chast F, Bonnet F. ANESTHÉSIE [Internet]. Universalis. [cited 2018 Feb 27]. Available from: <http://www.universalis-edu.com/encyclopedie/anesthésie/>
3. Beaulieu P, Lambert C, editors. Précis de pharmacologie : du fondamental à la clinique. Montréal : Presses de l'Université de Montréal; 2010. 877 p.



**FIGURE 3** Lors de l'intubation, un tube appelé « sonde endotrachéale » est inséré dans les voies respiratoires du patient. Source : BruceBlau. Endotracheal tube placement. [Image en ligne]. 28 mars 2017 [Consulté le 3 avril 2018]. Disponible : [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Endotracheal\\_Tube.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Endotracheal_Tube.png) 2

# 50<sup>e</sup> ANNIVERSAIRE du CÉGEP DE VALLEYFIELD

## - 1967-2017 -

Notre établissement fait partie des douze premiers Cégeps qui ont vu le jour en 1967 à la suite des recommandations du rapport Parent, marquant ainsi un tournant majeur dans l'accessibilité et la façon de concevoir l'éducation au Québec. Le programme d'études « Sciences de la nature » fait partie des premières disciplines offertes dans ce nouveau parcours scolaire.

### SCIENCES DE LA NATURE

50 ans d'histoire,  
d'expérience  
et de succès !

Un des domaines phares du milieu collégial est sans contredit celui des Sciences de la nature et c'est en 1967 que naissent les deux premières branches de celui-ci : Sciences pures et appliquées, puis Sciences de la santé. En 1981, ces deux programmes distincts sont alors fusionnés et deviennent les profils de ce programme d'études qu'on appelle encore aujourd'hui Sciences de la nature. À l'époque et encore aujourd'hui, les deux premières sessions de formation du programme sont identiques. Lors de sa 2<sup>e</sup> année de formation, l'étudiant peut choisir la spécialisation (profil) qu'il désire recevoir afin d'accéder à des domaines distincts à l'université.

Au cours des années 1990, grâce à la réforme "Robillard" que le programme reçoit le code 200.B0 par lequel on le reconnaît encore aujourd'hui. Cette réforme amène son lot de changements au niveau des cours généraux et complémentaires, mais les cours spécifiques du programme sont peu affectés par celle-ci. Au même moment, une épreuve synthèse est ajoutée à la carte de cours du programme.

En 1999, le Collège reçoit une subvention importante pour procéder à l'achat d'équipements informatiques. Les avancées technologiques amènent beaucoup de nouveauté dans l'univers de l'éducation et les enseignants doivent s'y adapter rapidement.

Très populaire en raison de ses voies de sorties universitaires, le programme Sciences de la nature accueille près de 200 étudiants en 2007.

Deux ans plus tard, afin d'être à la fine pointe de la technologie, le Cégep procède à des investissements de l'ordre d'un million de dollars et construit de nouveaux laboratoires de biologie et de physique au 3<sup>e</sup> étage de l'aile D. L'ère de changement et de modernité poursuit son chemin et c'est également en 2009 que le programme élabore un cadre de référence pour l'épreuve synthèse et se dote d'une grille de correction commune à tous les cours porteurs. Au printemps de cette même année, le programme signe la 1<sup>re</sup> édition de la revue scientifique « *Ça, c'est de la science!* », une parution annuelle conçue en collaboration avec les finissants du programme.

Une restructuration des espaces permet, en 2010, de regrouper au 3<sup>e</sup> étage de l'aile D tous les enseignants de sciences du programme afin de favoriser la communication entre les enseignants et d'améliorer la proximité avec les étudiants. On aménage également une salle d'études spécialement destinée aux étudiants du programme.

En 2014, la nouveauté frappe à la porte du programme. On implante le double DEC en Sciences de la nature et Arts visuels ; une formation offrant la possibilité de compléter les deux diplomations sur 3 ans. De nouvelles approches pédagogiques voient aussi le jour (classes actives, approche par problème, classe inversée) et font tranquillement leur place dans les cours.



Le programme dispose d'un observatoire d'astronomie qu'il utilise dans le cadre d'un cours complémentaire et d'un cours à option du programme de sciences de la nature. Occasionnellement, différentes activités sont organisées pour permettre au grand public de découvrir certains phénomènes astronomiques comme l'observation de planètes et des éclipses lunaires. En 2017, on procède à la réfection de cet observatoire.

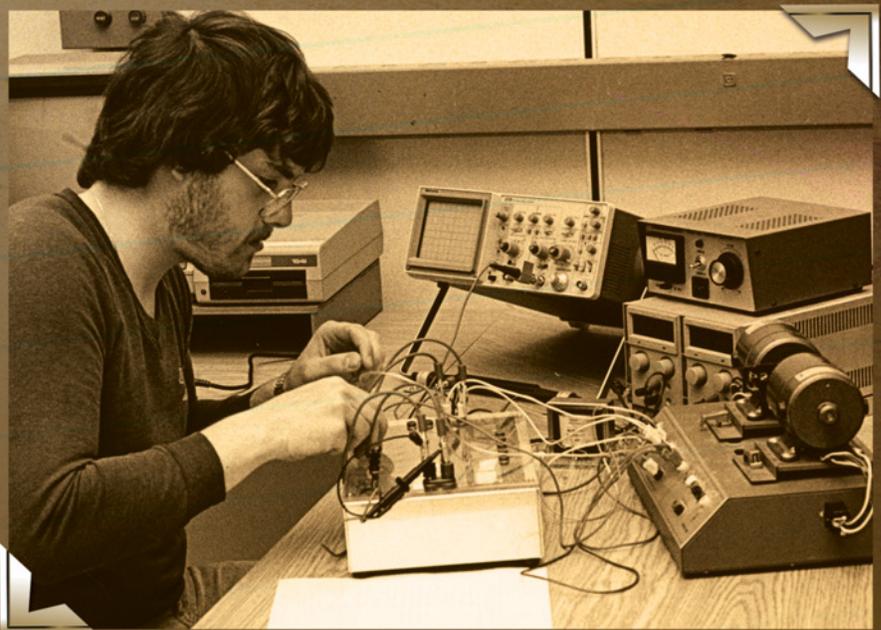
Cette année, la revue scientifique célébrera sa 9<sup>e</sup> édition avec une parution spéciale pour intégrer les festivités du 50<sup>e</sup> anniversaire du Cégep.

#### Sciences de la nature : 50 ans plus tard...

Depuis son implantation en 1967, plus de 3500 finissantes et finissants ont obtenu leur diplôme en Sciences de la nature. Au terme de la formation, les diplômés poursuivent leurs études dans des domaines universitaires extrêmement variés (médecine, ingénierie, pharmacie, biologie, chimie, kinésiologie, etc.).

À l'hiver 2018, le Cégep de Valleyfield comptait 220 étudiants inscrits en Sciences de la nature, tous profils confondus.

En savoir plus: [www.colval.qc.ca/sn](http://www.colval.qc.ca/sn)



Photos d'archives

# PERDRE LE NORD

Par Noémie Cadieux, Alyssia Langlois et Laurence Pinard

*Depuis quelques jours, plusieurs changements ont eu lieu sur Terre à cause de l'inversion des pôles magnétiques qui s'est fait sentir. Voici le journal d'une terrienne qui était présente.*

## 22 avril 2256\*

Ce soir, j'ai vu quelque chose de spectaculaire. J'ai vu une aurore boréale! Je ne pensais jamais voir ça à Montréal. Ce phénomène est extrêmement rare, si loin du pôle Nord. Bon, il ne faut pas s'inquiéter, les nouvelles m'en apprendront plus demain.

## 26 avril 2256

Aujourd'hui, j'étais dans ma voiture et la musique a arrêté de jouer comme par magie. C'est arrivé à tout le monde. Demain, je dois aller faire des recherches puisque ça m'inquiète.

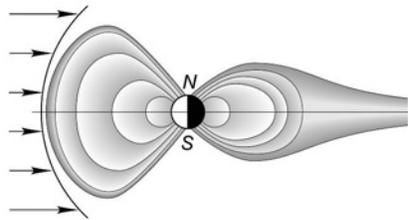
## 27 avril 2256

Je n'ai pas été capable d'aller sur Internet, mais, aujourd'hui, la mairesse a fait un point de presse. Elle a dit que, depuis quelques semaines, les scientifiques ont dénoté qu'une inversion des pôles magnétiques est en cours et qu'elle est rendue à un point critique. Puisque je voulais savoir ce que cela voulait dire, je suis allée à la bibliothèque pour voir dans les livres. Ça a pris quelque temps à comprendre comment un livre fonctionne; il y avait tellement de pages que c'était un peu démoralisant. Au moins, j'ai trouvé des informations intéressantes sur le champ magnétique terrestre.

Selon le livre, c'est une enveloppe qui protège la Terre des rayons cosmiques, qui sont des particules chargées provenant du Soleil. Il est généré dans la partie la plus profonde de la Terre, c'est-à-dire son noyau (voir la figure 1). Pour que le champ magnétique terrestre puisse se former, il a besoin de 4 ingrédients principaux. Premièrement, pour naître, le champ magnétique a besoin d'un liquide conducteur. En effet, le fer en fusion qui constitue la partie externe du noyau est son meilleur ami, puisque la partie interne est du fer solide. Deuxièmement, pour créer le champ magnétique, il faut une très grande quantité d'énergie afin de faire tourner le liquide rapidement et créer la convection. Ce phénomène se crée lorsqu'une partie du fer du noyau interne atteint une très haute température ce qui fait qu'il se liquéfie.

Moins dense, il remonte donc dans le noyau externe où il refroidit et redescend vers le noyau interne. C'est un comme une boucle sans fin! Finalement, pour démarrer, le champ magnétique a eu besoin d'un compagnon, soit le champ magnétique du Soleil. (1)

Bon, mon cerveau en a assez eu pour la journée, je reviendrai demain. Je dois absolument comprendre ce qui se passe.



**FIGURE 1** Démonstration de l'effet protecteur du champ magnétique terrestre contre les attaques des rayons cosmiques. Source: Alec Baravik. Solar Wind and Earth's magnetic field. [Image en ligne]. 7 juillet 2012 [Consulté le 10 avril 2018]. Disponible : [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Solar\\_Wind\\_and\\_Earth%27s\\_magnetic\\_field.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Solar_Wind_and_Earth%27s_magnetic_field.png)

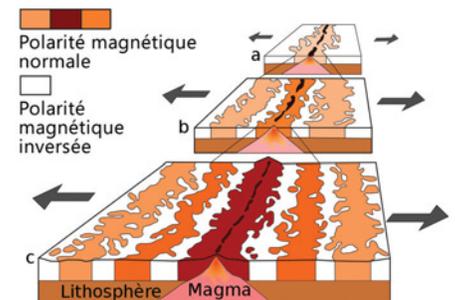
Selon mes livres, déjà, en 2018, au lieu de diminuer à un rythme de 5 % par cent ans, l'intensité du champ magnétique diminuait à un rythme de 5 % par dix ans.

## 28 avril 2256

Il est temps de savoir ce qu'est cette « inversion des pôles ». Avant de chercher à comprendre comment ça se produit, je veux savoir si cela a déjà eu lieu. La réponse étant affirmative, j'ai cherché à comprendre comment les scientifiques ont pu le déterminer. La réponse est assez simple.

Prenons une boussole. Elle fonctionne principalement grâce à deux choses : le champ magnétique terrestre et le fer présent dans l'aiguille de la boussole. En effet, le fer a la capacité de s'orienter selon les pôles magnétiques. Alors, si on regarde notre boussole, on est capable de déterminer la direction approximative du pôle Nord magnétique. C'est sensiblement le même principe pour le paléomagnétisme. En effet, lorsqu'un volcan entre en éruption et que la lave ressort, des particules de fer ressortent aussi, mélangées avec d'autres substances. En analysant les roches volcaniques qui se sont formées très rapidement et en les datant, il est possible de remarquer vers où pointent les particules de fer et donc de savoir l'orientation du champ magnétique. (2)

Bon, maintenant que je sais qu'il y a eu des inversions, il faut que je sache s'il y a des données relativement récentes qui pourraient me prouver que c'est vraiment ce qui se passe. Selon mes livres, déjà, en 2018, l'agence de collectes de données SWARM avait démontré que le champ magnétique était instable. Au lieu de diminuer à un rythme de 5 % par cent ans, l'intensité du champ magnétique diminuait à un rythme de 5 % par dix ans. (2) De plus, grâce au paléomagnétisme, il a été démontré que la dernière inversion de pôle date d'il y a 781 000 ans environ et que, dans les derniers millions d'années, le champ avait tendance à s'inverser tous les 500 000 ans (voir la figure 2). Les données ne mentent pas : il se peut bien qu'on subisse une inversion des pôles. (2)



**FIGURE 2** Datation des couches volcaniques. Source : Chmee 2. File : Oceanic.Stripe. Magnetic. Anomalies.Scheme.svg [Image en ligne]. 2 mars 2012 [Consulté le 10 avril 2018]. Disponible : <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Oceanic.Stripe.Magnetic.Anomalies.Scheme.svg>

Pour ce qui est du déroulement du phénomène, personne n'a de réponse certaine, mais une hypothèse récurrente est que le noyau interne se réchauffe et grandit. Le noyau externe se solidifie alors, ce qui obstrue le mouvement de convection du fer en fusion, qui est à la base du champ magnétique. Le champ perd donc son intensité. Ouf, je ne crois pas avoir à craindre pour ma vie, puisqu'une inversion est un processus qui se prolonge sur trois millénaires au moins. De plus, lors de la dernière inversion, nos ancêtres humains existaient déjà, et ils ont manifestement survécu puisque nous sommes là! (2)

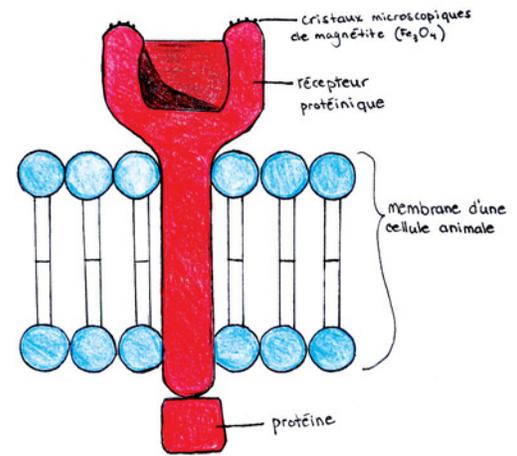
Bon, je vais aller me coucher. Ces recherches m'ont épuisée.

### 9 juillet 2256

Je suis de retour à la bibliothèque. Un rêve sur les oiseaux m'a fait réaliser qu'ils utilisent le champ magnétique pour s'orienter. Je vais faire des recherches pour voir comment ils réagissent face à cette inversion. J'ai seulement trouvé une source de 2017. Selon l'ouvrage, les scientifiques expliquent mal le fonctionnement de ce sixième sens. Plusieurs hypothèses

ont fait l'objet de recherches. J'ai retenu une des théories. Elle est basée sur l'existence d'un amas de cellules spécialisées qui serait relié au système nerveux central. Cette théorie concerne l'existence possible d'un récepteur protéinique (Figure 3) réagissant directement au champ magnétique terrestre. Les protéines, étant généralement constituées de carbone, d'azote et d'oxygène, ne sont pas naturellement sensibles au magnétisme. Toutefois, la présence de microscopiques cristaux de magnétite ( $Fe_3O_4$ ) sur un récepteur protéinique pourrait le rendre magnétosensible, ce qui rend cette hypothèse possible. En outre, il a été prouvé que certains organismes vivants ont la capacité de synthétiser une forme biologique de magnétite. Toutefois, à cause de la taille nanométrique ( $10^{-9}$ ) prévue des cristaux de cette substance, l'hypothèse est difficile à confirmer puisqu'il faudrait chercher l'emplacement des récepteurs. (3)

Après d'autres recherches, je suis soulagée puisque j'ai trouvé que les oiseaux utilisent bien plus que le champ magnétique pour s'orienter. Je suis rassurée, l'inversion, bien que notable, ne tuera pas d'organismes vivants.



**FIGURE 3** Récepteur protéinique. Source : Laurence Pinard, dessin, 2018, Salaberry-de-Valleyfield.

#### RÉFÉRENCES :

1. Gouvernement du Canada R naturelles C. Origine du champ magnétique terrestre [Internet]. Ressources naturelles Canada. 2017 [cité 10 avr. 2018]. Disponible sur : [http://www.geo-mag.nrcan.gc.ca/mag\\_fld/fld-fr.php](http://www.geo-mag.nrcan.gc.ca/mag_fld/fld-fr.php)
2. Fleming N. Earth's magnetic field now flips more often than ever [Internet]. BBC. 2014 [cité 10 avr. 2018]. Disponible sur : <http://www.bbc.com/earth/story/20141110-earths-magnetic-field-flips-more>
3. Nordmann GC, Hochstoeger T, Keays DA. Magnetoreception—A sense without a receptor. PLOS Biol. 23 oct. 2017; 15 (10).

\* Toutes les dates sont fictives.

## LES PETITES BESTIOLES NE MANGENT PAS LES GROSSES, MAIS PEUVENT CERTAINEMENT LES MORDRE!

Par Marie-Jeanne Besner, Andréanne Cardin et Marianne Schweitzer

*Si vous faites partie des gens qui ont une peur bleue des bestioles, les tiques vous donneront certainement de bonnes raisons de les craindre! Or, comment de si petites créatures peuvent-elles causer autant de dommages ?*

Au Canada, le nombre de cas déclarés de la maladie de Lyme a presque doublé entre 2014 et 2016, passant d'environ 500 à presque 1000, et ce, sans compter le nombre de cas non diagnostiqués. On associe souvent la morsure d'une tique directement à la maladie de Lyme. Pourtant, la morsure d'une tique n'implique pas nécessairement la contraction de la maladie! En fait, la morsure d'une tique est totalement inoffensive en soi. Ce qui est dangereux, c'est la bactérie qui peut nous être transmise.

L'espèce de tiques qui transmet le plus souvent la maladie de Lyme aux États-Unis et dans l'Est du Canada est *Ixodes scapularis*

(voir la figure 1). Pour comprendre pourquoi la tique nous transmet cette bactérie, nommée *Borrelia burgdorferi*, il faut d'abord comprendre comment cette dernière est contractée par la tique. À la naissance, la tique n'est pas porteuse de la bactérie : c'est par ses repas



**FIGURE 1** Une tique femelle de l'espèce *Ixodes scapularis* remplie de sang. Source : CDC/ Dr. Gary Alpert - Urban Pests - Integrated Pest Management (IPM). *Ixodes scapularis*. [Image en ligne]. 2013 [Consulté le 2 avril 2018]. Disponible : <https://phil.cdc.gov/Details.aspx?pid=15993>

qu'elle s'infecte. En effet, c'est lorsqu'une tique se nourrit du sang d'un animal contaminé qu'elle la contracte. La *Borrelia* se loge alors dans son système digestif, où elle se reproduit. Le plus souvent, on retrouve les tiques dans les prés et les forêts puisqu'elles se déplacent au moyen de leurs proies, accrochées à leur peau ou à leur pelage. (1,2)

C'est lorsque la tique est infectée qu'elle devient dangereuse. Lorsqu'elle mord, celle-ci perce la peau grâce à ses pièces buccales qui forment une paille longue et étroite, couverte de crochets microscopiques. Elle enfonce ensuite cette « paille », appelée « rostre », dans la peau afin d'atteindre un vaisseau sanguin et de s'y agripper solidement. Une fois le vaisseau sanguin atteint, la tique boit le sang et injecte sa salive afin d'empêcher la coagulation du sang et de poursuivre son repas.



**FIGURE 2** Érythème migrant causé par la morsure d'une tique porteuse de la maladie de Lyme.

Source : CDC/James Gathany. The pathognomonic erythematous rash in the pattern of a "bull's-eye". [Image en ligne]. 2007 [Consulté le 2 avril 2018]. Disponible : <https://phil.cdc.gov/Details.aspx?pid=9875>

Ainsi, lorsque nous sommes piqués par une tique infectée, celle-ci nous transmet la bactérie contenue dans sa salive. (2) Une fois dans le corps, la *Borrelia* est qualifiée d'agent pathogène puisque le corps la reconnaît comme étant une substance étrangère et se donne pour mission de la neutraliser. (3)

Une fois que l'hôte est infecté par la bactérie, la maladie se manifeste en trois stades. Au premier stade, dans 75 % des cas, on voit apparaître une éruption cutanée qu'on appelle érythème migrant (voir la figure 2). Cette lésion de forme circulaire située au site de la morsure est rougeâtre et ressemble à une cible de tir à l'arc. Elle s'agrandit progressivement au gré de la dispersion de la bactérie dans la peau. Comme elle est une caractéristique de cette maladie, elle permet son diagnostic. D'autres symptômes, tels que de la fatigue, de la fièvre ou des maux de tête, peuvent apparaître environ deux semaines plus tard. Cependant, les symptômes diffèrent d'une personne à l'autre, c'est pourquoi cette maladie est très difficile à diagnostiquer. Il est alors impératif d'aller consulter un médecin dès les premiers symptômes pour avoir accès aux antibiotiques nécessaires pour vaincre la bactérie et limiter sa propagation dans le corps. En effet, si la maladie n'est pas traitée au premier stade, elle s'aggravera en un deuxième et un troisième stade où la bactérie peut avoir des impacts sur les articulations, la peau, le cœur, et même le cerveau. La maladie peut, entre autres, dérégler le rythme cardiaque, affecter la mémoire, causer une fatigue accablante et engendrer de

l'arthrite ou d'autres douleurs aux articulations, et ce, même des années après la morsure. (1) Aux deuxième et troisième stades, les atteintes neurologiques sont catastrophiques pour l'organisme.

Parmi les symptômes les plus graves, on note la paralysie de Bell, une paralysie faciale causée par l'attaque de la bactérie sur le système nerveux de l'hôte. L'agent pathogène réussit à prendre le contrôle des plasmogènes, des substances chimiques présentes dans le sang qui permettent à la bactérie de se creuser un chemin à travers le corps. La bactérie est donc capable de se faufiler jusque dans le liquide céphalorachidien, soit celui qui entoure le cerveau. Elle s'attaque, ensuite, à tous les nerfs du corps, plus particulièrement à ceux du visage. (3) La paralysie apparaît ainsi à la suite d'une inflammation des nerfs faciaux. C'est donc une excellente raison de craindre les tiques!

Comme tous les symptômes se manifestent différemment dépendamment des cas et que ceux-ci sont communs à bien d'autres maladies, il est très difficile de poser un diagnostic. C'est pourquoi, lorsqu'on soupçonne la maladie de Lyme, le diagnostic doit être confirmé par des examens sanguins à la recherche d'anticorps spécifiques à *Borrelia burgdorferi*. (2) Quand le corps est attaqué, des cellules immunitaires qui agissent comme des soldats contre la bactérie vont produire des anticorps, des substances qui ont pour fonction de cibler les antigènes de celle-ci afin que

Au Canada, le nombre de cas déclarés de la maladie de Lyme a presque doublé entre 2014 et 2016, passant d'environ 500 à presque 1000, et ce, sans compter le nombre de cas non diagnostiqués.

d'autres cellules les éliminent. (3) Malheureusement, ces méthodes ne sont pas infailibles et la maladie n'est parfois pas détectée et peut s'aggraver. De plus, lorsqu'on dépasse un certain stade de la maladie, celle-ci devient de plus en plus difficile à traiter par antibiotiques. C'est pourquoi des recherches visant la découverte d'un vaccin sont en cours.

Finalement, le meilleur moyen d'éviter de contracter la maladie de Lyme est fort simple, il suffit d'éviter les sous-bois, les parcs et tout autre endroit où l'on retrouve des herbes hautes. Toutefois, cette menace ne doit pas vous empêcher de pratiquer vos loisirs préférés! Si vous souhaitez vous promener en forêt, nous vous conseillons de porter des vêtements qui couvrent tout le corps et de procéder régulièrement à une vérification de vos vêtements et de la peau exposée. Espérons qu'il y ait de plus amples recherches concernant le diagnostic et le traitement de la maladie de Lyme puisque le nombre de cas signalés au Canada et aux États-Unis augmente à un rythme inquiétant. Qui sait, peut-être verrons-nous apparaître un vaccin prochainement? Espérons-le!

#### RÉFÉRENCES :

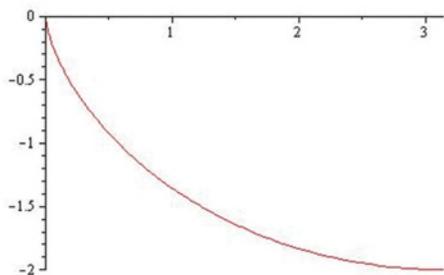
1. Tortora GJ, Funke BR, Case CL. Introduction à la microbiologie. 3<sup>e</sup> éd. Montréal : Pearson ERPI; 2012. 1118 p.
2. Lenois M. La maladie de Lyme : comprendre, diagnostiquer, traiter. Escalquens : Grancher; 2017. 220 p.
3. Berndtson K. Review of evidence for immune evasion and persistent infection in Lyme disease. Int J Gen Med. 23 avr. 2013; 6:291-306.

# UN TOURNANT DANS L'HISTOIRE DES MATHÉMATIQUES

Par Mathieu Fouquet, Gabrielle Lamarche et Benoit Roussel

*Lorsque nous étions enfants, nous étions tous déjà fascinés par l'idée de la glissade d'eau la plus rapide au monde. Nous imaginions évidemment la pente la plus abrupte possible, n'est-ce pas ? Eh bien ! la pente la plus rapide dont nous avons rêvé toute notre enfance n'est pas la plus abrupte, mais plutôt celle qui épouse une courbe brachistochrone. Mais qu'est-elle et comment fut-elle trouvée ?*

À première vue, le problème de la courbe brachistochrone semble plutôt intuitif. Il s'agit simplement de déterminer la courbe allant d'un point A à un point B dans un plan vertical permettant à un mobile, subissant seulement l'effet de la gravité, de parcourir la distance entre les deux points en un temps minimal. D'ailleurs, le mot « brachistochrone », d'origine grecque, signifie le temps le plus court. Or, la solution au problème de la brachistochrone s'avère plutôt fascinante et sa découverte fut en partie responsable de l'avènement d'une nouvelle branche des mathématiques, soit le calcul de variation (1). Ce calcul permet, entre autres, de résoudre des problèmes d'optimisation ainsi que de revoir l'entièreté de la mécanique classique. Le fameux problème de la courbe brachistochrone a occupé l'esprit des plus éminents mathématiciens du XVII<sup>e</sup> siècle. Au total, cinq mathématiciens ont présenté une solution au problème, soit Jacques Bernoulli, Gottfried Wilhelm Leibniz, Guillaume de L'Hôpital, Isaac Newton ainsi que Jean Bernoulli. Ceux-ci ont tous utilisé des démarches différentes, mais arrivent tous à la même conclusion, c'est-à-dire que la solution est une cycloïde.



**FIGURE 1** Représentation graphique d'un segment de cycloïde qui correspond à la courbe brachistochrone. Source : Gabrielle Lamarche, 2018, Salaberry-de-Valleyfield.

Le premier mathématicien à s'être attaqué au problème de la brachistochrone fut Galilée (2). Ce dernier s'est pourtant limité à émettre l'hypothèse que la solution est un arc de cercle, étant donné que la courbe en question prenait moins de temps à parcourir qu'un segment de droite, mais n'était pas optimale.

La réelle solution au problème fut déterminée par Jean Bernoulli dans le cadre d'un concours qu'il lança aux plus grands mathématiciens de son époque selon les instructions suivantes : « Deux points A et B étant donnés dans un plan vertical, déterminez la courbe AMB le long de laquelle un mobile M, abandonné en A, descend sous l'action de sa propre pesanteur et parvient à l'autre point B dans le moins de temps possible. » (3)

**Ceux-ci ont tous utilisé des démarches différentes, mais arrivent tous à la même conclusion, c'est-à-dire que la solution est une cycloïde.**

La démarche du travail de Jacques Bernoulli a eu une grande influence sur Leonhard Euler lorsque ce dernier a établi l'équation d'Euler-Lagrange, une équation au cœur du calcul de variation. Jacques présenta comme solution au problème de la brachistochrone une courbe que le mathématicien nomma « oligochrone » et démontra ensuite que cette courbe était en effet tracée par une cycloïde.

Dans le cas de Newton, celui-ci présente une solution assez intrigante, puisqu'il arrive à la même conclusion que ses semblables en affirmant que la solution est une cycloïde, mais sans toutefois donner la raison pour laquelle c'est en effet la solution exacte.

Puis, la démonstration de Jean Bernoulli fut inspirée par l'idée d'imaginer le problème de la courbe brachistochrone comme étant

analogue au comportement de la lumière sachant que cette dernière possède la propriété de toujours voyager selon une trajectoire optimale afin de conserver au maximum son énergie. Il a d'ailleurs remarqué que la trajectoire de la lumière voyageant dans des milieux de moins en moins réfringents s'avère être une courbe brachistochrone. Afin de résoudre le problème, Bernoulli détermina qu'il devait minimiser la fonction exprimant l'intervalle de temps que prend un point pesant à parcourir une distance. Cette fonction se trouve à être l'intégrale de la distance à parcourir divisée par la vitesse avec laquelle est parcourue cette distance :

$$T = \int \frac{ds}{v}$$

En appliquant la règle d'Euler-Lagrange ci-dessous, il est possible de minimiser la fonction que Bernoulli avait trouvée, puisqu'elle est une condition nécessaire à sa minimisation :

$$\frac{d}{dx} \left( F - y' \frac{\partial F}{\partial y'} \right) = 0$$

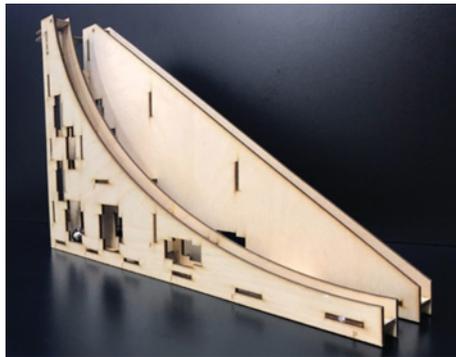
Après plusieurs simplifications mathématiques, Bernoulli aboutit à la formule de la cycloïde qui se trouve à être la courbe brachistochrone :

$$x = A(2\phi - \sin(2\phi))$$

$$y = A(1 - \cos(2\phi))$$

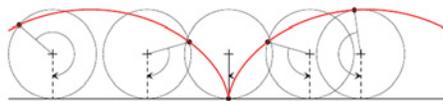
D'un point de vue de physicien, comparer la courbe brachistochrone à une simple pente de même hauteur est très intéressante. En effet, selon la théorie de la conservation de l'énergie, l'énergie totale d'un système doit rester inchangée. Alors, deux masses égales partant d'un même point qui ont des énergies potentielles identiques ont également les mêmes énergies cinétiques : leur vitesse est ainsi égale. C'est un raisonnement qui trouve sa pertinence surtout à la fin du trajet parcouru, alors que la masse sur la courbe brachistochrone arrive la première. Elle sort du montage à la même vitesse que la masse sur la pente droite, malgré son avance. De façon logique, de par sa forme, la courbe brachistochrone accélérera plus rapidement la masse au début afin qu'elle devance son « adversaire ».

L'accélération deviendra par la suite inférieure à celle du plan incliné et accélèrera la masse de moins en moins rapidement jusqu'à la vitesse correspondant à la hauteur de la fin du trajet, qui est la même pour les deux masses, parce qu'il est impossible que la courbe brachistochrone ne respecte pas les lois fondamentales de la physique.



**FIGURE 2** Démonstration confectionnée par Gabrielle Lamarche dans le but de comparer la courbe brachistochrone à une pente. Les caractéristiques de la courbe sont facilement observables avec deux billes de même masse. Source : Gabriel Lamarche, 2018, Salaberry-de-Valleyfield.

Pour ce qui est de la cycloïde en tant que telle, il s'agit de la courbe tracée par un point d'un cercle roulant sans glisser sur un axe de la manière suivante :



**FIGURE 3** La courbe d'une cycloïde est le résultat du déplacement d'un point fixe sur cercle qui tourne. Source : Alain Debreil [Image en ligne]. 2009 [consulté le 18 avril 2018] Disponible : <http://www.les-mathematiques.net/phorum/read.php?8,520627,521343>

Les applications de la courbe brachistochrone sont peu nombreuses et souvent purement hypothétiques. En effet, la courbe pourrait être utile dans plusieurs disciplines sportives, mais n'est pas employée. C'est surtout le gain de vitesse qu'offre la brachistochrone qui est avantageux pour les sportifs.

En somme, la courbe brachistochrone est la réponse à un beau défi lancé il y a plusieurs siècles qui a mené à la création d'une nouvelle branche des mathématiques. Même si l'on peut croire qu'il ne reste aucun problème mathématique digne de piquer la curiosité des mathématiciens contemporains motivés, on doit se souvenir que les mathématiques existent depuis des siècles et qu'il reste plusieurs pistes inexplorées. Qui sait? Peut-être serez-vous celui ou celle qui fera la prochaine découverte qui marquera le monde à jamais.

#### RÉFÉRENCES :

1. Godbillon C. CALCUL DES VARIATIONS - Universalis.edu [Internet]. Universalis.edu. 2018 [cité 26 févr. 2018]. Disponible sur : <http://www.universalis-edu.com/encyclopedie/calcul-des-variations/>
2. Lygeros N. La brachistochrone de Bernoulli ou les prémices du calcul de variations [Internet] 2018. [cité 1er mars 2018]. Disponible sur : <http://www.lygeros.org/3620.pdf>
3. Freguglia P, Giaquinta M. The Brachistochrone Problem: Johann and Jakob Bernoulli. The Early Period of the Calculus of Variations [Internet]. Cham : Springer International Publishing; 2016 [cité 28 mars 2018]. p. 39-57. Disponible sur : [http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-38945-5\\_2](http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-38945-5_2)

# LES ÉTOILES : OBSERVER LES YEUX FERMÉS

Par Maximilien Dubuc, Alexandre Gaignard et Nicolas Masse

*Cette boule de feu autour de laquelle nous tournons nous semble si familière. Nous la voyons si quotidiennement qu'elle devient banale, mais connaissons-nous réellement notre cher Soleil ?*

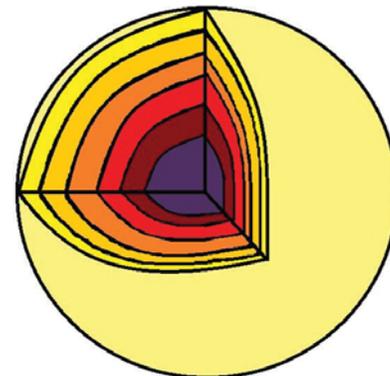
Le Soleil a longtemps été étudié et observé à l'aide de multiples instruments. Le télescope à lumière visible, à infrarouge, à ultraviolet, la lunette astronomique et l'appareil photo ne sont qu'une fraction de ceux-ci. Le seul problème : seule la surface a pu être observée. En effet, puisque le Soleil est une boule de gaz très compacte, il est d'aspect plutôt opaque. Il nous est donc impossible de connaître avec certitude ses caractéristiques internes. Comment alors peut-on, de nos jours, analyser notre étoile en profondeur? Les mathématiques sont là pour sauver la mise. Pour ce faire, elles s'allient avec la physique et permettent l'élaboration de modèles théoriques issus de diverses hypothèses. Pour commencer, il faut diviser le Soleil en couches qui font un peu penser à celles d'un oignon. Le Soleil

peut être décomposé en coquilles dont l'épaisseur varie afin de les analyser séparément (voir figure 1). Plus le nombre de couches est grand, plus les données trouvées seront exactes. Grâce à cette technique, il nous est possible de déterminer la masse volumique ( $\rho$ ), la pression (P), la luminosité (L), la masse (M) et la température (T) pour chacune des couches en appliquant les équations appropriées.

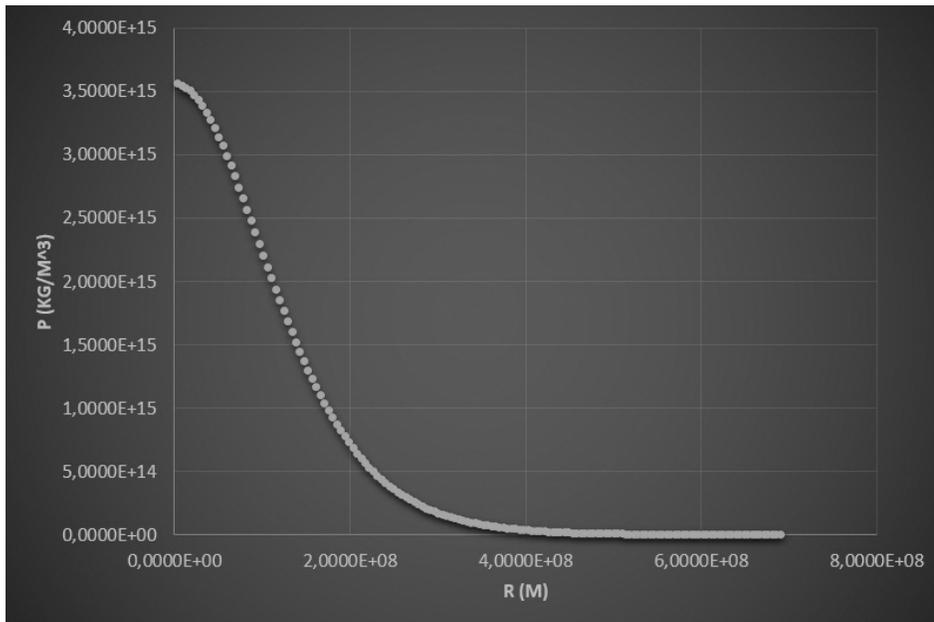
## Les mathématiques sont là pour sauver la mise.

La première étape est la plus importante. Il est d'abord nécessaire de trouver la relation entre la masse volumique des coquilles et la distance séparant chaque coquille du centre du Soleil puisque toutes les autres caractéristiques (pression, luminosité, masse et température) dépendent de la densité (synonyme de

masse volumique). On sait que la densité correspond à la proximité entre chacune des molécules. On sait aussi que le centre du Soleil est l'endroit où la gravité est la plus forte. Il s'agit de la force qui attire les molécules vers le centre de l'étoile.



**FIGURE 1** Déconstruction du soleil en plusieurs couches à la manière d'un oignon. Source : Maximilien Dubuc, image créée à l'aide du logiciel Paint, 2018, Salaberry-de-Valleyfield.



**FIGURE 2** Graphique de la densité dans l'étoile en fonction de la distance R à partir du centre.  
 Source : Alexandre Gaignard, image créée à l'aide du logiciel Excel, 2018, Salaberry-de-Valleyfield.

Les particules (majoritairement de l'hydrogène et de l'hélium) sont donc beaucoup plus compressées les unes sur les autres à cet endroit, ce qui revient à dire que la densité est maximale. Plus on s'éloigne, plus la gravité diminue jusqu'à la surface du Soleil située à 696 000 000 m de son centre. On sait donc que la densité diminuera jusqu'à se rapprocher très près de zéro. On sait aussi que plus on se rapproche de la surface du Soleil, plus cette diminution se fera à un rythme lent (voir figure 2). Cela s'explique par le fait que si on doublait le rayon de la coquille, son volume serait augmenté d'un facteur 4 puisque le volume d'une coquille est proportionnel au rayon au carré ( $2^2 = 4$ ). Si on suppose que le nombre de particules varie peu pour deux coquilles adjacentes, les particules auraient donc environ 4 fois plus d'espace, ce qui montre que la densité de particules sera nécessairement plus petite.

Il est maintenant possible de trouver la pression pour chacune des couches du Soleil puisqu'on a pu calculer la densité. La pression est proportionnelle à la masse de la couche et la densité de celle-ci. Cela signifie que si la masse et la densité augmentent, alors la pression augmentera. La pression est aussi inversement proportionnelle à la distance entre le centre du Soleil et la coquille choisie. Ça a du sens quand on y pense ! La pression est la somme des forces qu'exerceraient toutes les particules sur les surfaces de leur contenant si on les enfermait dans un pot, par exemple. Ici, le pot est la coquille imaginaire que l'on s'est créée. Si le volume du pot diminue,

les molécules ont plus de chances d'entrer en collision les unes avec les autres et avec le pot lui-même, ce qui revient à dire que la pression est plus haute. L'inverse est aussi vrai. Comme la densité, la pression diminue rapidement à mesure qu'on s'éloigne du centre, mais plus lentement lorsqu'on approche de la surface.

La température est de loin la variable la plus complexe à analyser. Le problème : elle dépend de trois principaux paramètres, soit l'opacité, la densité et la luminosité (synonyme de puissance, c'est-à-dire la quantité d'énergie émise par seconde). Les deux derniers paramètres sont assez faciles à traiter. Toutefois, l'opacité (notée  $\kappa$ ) dépend d'un grand nombre de facteurs comprenant la composition chimique, la température, et même la densité, pour n'en citer que quelques-uns. L'opacité est assez semblable à la masse volumique, à l'exception qu'elle s'applique pour la lumière. Plus simplement, on pourrait affirmer que l'opacité est la capacité à absorber la lumière qui cherche à passer au travers la matière, qu'elle soit gazeuse, liquide ou solide. En ce qui a trait à la température à l'intérieur du Soleil, on sait que celle-ci chute rapidement jusqu'à ce qu'on ait atteint la moitié de son rayon à partir du centre, puis chute à un rythme constant jusqu'à sa surface. L'explication derrière ce phénomène provient principalement de la source d'énergie du Soleil : la fusion nucléaire. La fusion nucléaire est un processus dans lequel des atomes légers se combinent afin de former un atome plus gros.

La température est de loin la variable la plus complexe à analyser. Le problème : elle dépend de trois principaux paramètres, soit l'opacité, la densité et la luminosité.

Dans le Soleil, c'est principalement l'hydrogène qui est fusionné en hélium. Sommairement, les réactions de fusion dégagent également de la chaleur et de la lumière. Toutefois, ces réactions nécessitent des températures très élevées. Cela implique donc qu'elles se produisent en grande partie au centre, où les températures sont plus élevées. Comme elles produisent de la chaleur, elles « s'autoalimentent ». Elles nécessitent des collisions et sont donc plus fréquentes quand la température est élevée (les particules bougent plus vite) et quand la densité est élevée (les molécules ont moins d'espace libre, ce qui augmente le nombre de collisions). On sait que la densité et la pression sont maximales au centre et qu'elles chutent rapidement lorsqu'on s'en éloigne jusqu'à un certain point, il est donc logique que la température chute rapidement dès qu'on s'éloigne du centre, et plus lentement lorsqu'on approche de la surface.

Maintenant que nous sommes capables de caractériser notre étoile encore plus exactement, nous serons certainement capables d'utiliser ces connaissances pour analyser encore plus d'étoiles de notre galaxie, et même de l'Univers tout entier afin de percer les mystères de son avenir ! Qui sait ce que l'Univers nous réserve ?

**RÉFÉRENCE :**

1. W. Carroll B, A. Ostlie D. An Introduction to Modern Astrophysics. 2<sup>e</sup> éd. San Francisco : Pearson; 2007. 1278 p.

# YELLOWSTONE : UN PARC EXPLOSIF

Par Alexandre Fortier, Tristan Gauthier et Mathieu Lafontaine

*L'aspect paisible associé à la réserve faunique qu'est le parc de Yellowstone cache son caractère explosif, qui est dû au point chaud sur lequel il repose.*

Le parc de Yellowstone est un endroit presque unique au monde d'un point de vue géologique. En effet, ce parc comporte bien plus qu'une simple réserve faunique protégée : il est au centre d'une incroyable activité volcanique. En fait, ce parc est ce que l'on appelle une « caldéra », un énorme cratère qui s'est formé lors d'une éruption volcanique il y a plusieurs centaines de milliers d'années et qui occupe plusieurs kilomètres carrés de surface. Où cette activité volcanique prend-elle sa source et comment se manifeste-t-elle concrètement ? Tout d'abord, il sera question de la source du volcanisme : un point chaud. Ensuite, l'activité volcanique sera expliquée.

Le point chaud de Yellowstone est très particulier. En effet, contrairement à la plupart des autres points chauds situés sur notre planète, il se situe au milieu d'un continent. Dans ce cas-ci, il s'agit du continent nord-américain. Ce point chaud est situé entre les états de l'Idaho et du Wyoming dans l'Ouest américain.

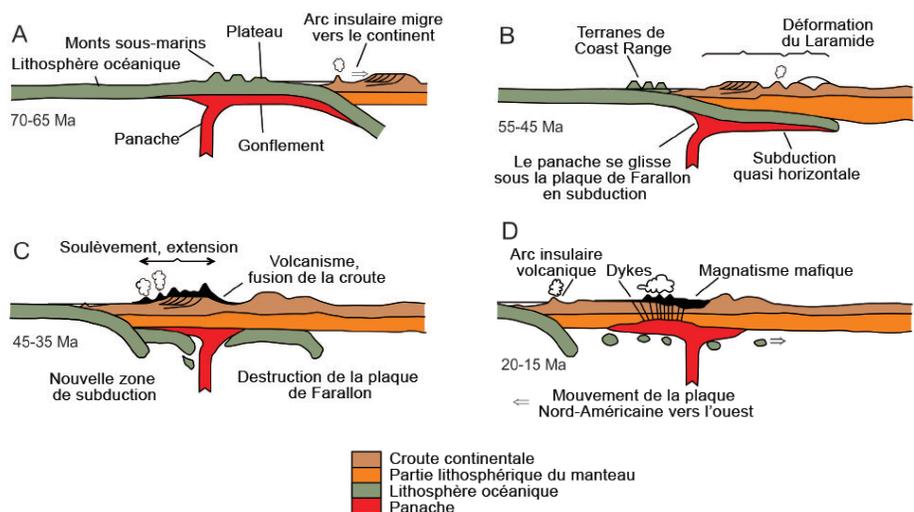
Tout d'abord, il est important de comprendre qu'un point chaud est causé par du matériau en fusion provenant du manteau terrestre. Plus chaud, moins dense et plus liquide, celui-ci remonte vers la surface, créant ainsi un panache mantellique. Ce panache s'accumule sous la croûte terrestre afin de former le point chaud. La position de ce panache est relativement stable dans le temps. C'est le mouvement des plaques tectoniques qui donne l'impression que le point chaud se déplace.

Avant de continuer, il faudrait définir un concept important : la subduction. Ce phénomène se produit lorsqu'une plaque tectonique s'enfonce sous une autre. La plaque qui s'enfonce fond sous l'effet de la chaleur du manteau et le matériau fondu remonte à la surface. Ce matériau crée des volcans. On nomme « zone de subduction » la zone délimitée par la rencontre des deux plaques.

La manière dont le point chaud de Yellowstone a été créé ne fait pas consensus auprès des experts. Toutefois, ceux-ci s'entendent sur le fait que ce point chaud était présent il y a 50 millions d'années. En effet, il était présent sous la plaque Farallon (figure 1, étape A). Cette plaque n'existe plus aujourd'hui, car elle s'est enfoncée au complet sous la plaque nord-américaine. C'est plutôt la plaque du Pacifique qui la remplace aujourd'hui sur la côte ouest-américaine. Puisque la plaque Farallon s'enfonçait sous la plaque nord-américaine, la tête du panache, situé sous elle, s'enfonçait aussi (figure 1, étape B). Donc, après plus de 25 millions d'années de subduction, le panache s'est retrouvé complètement sous la plaque nord-américaine. Comme le panache était moins dense, il cherchait toujours à remonter vers la surface, exerçant une force constante sur la plaque Farallon. Cette force était si importante qu'en moins de 15 millions d'années, le panache réussit à percer la plaque Farallon et à rejoindre la couche inférieure de la plaque continentale nord-américaine (figure 1, étape C). Cette fracture dans la plaque Farallon créa une nouvelle zone de subduction à la frontière ouest-américaine. De plus, la présence du panache sous la plaque continentale nord-américaine a eu plusieurs impacts sur celle-ci. (1)

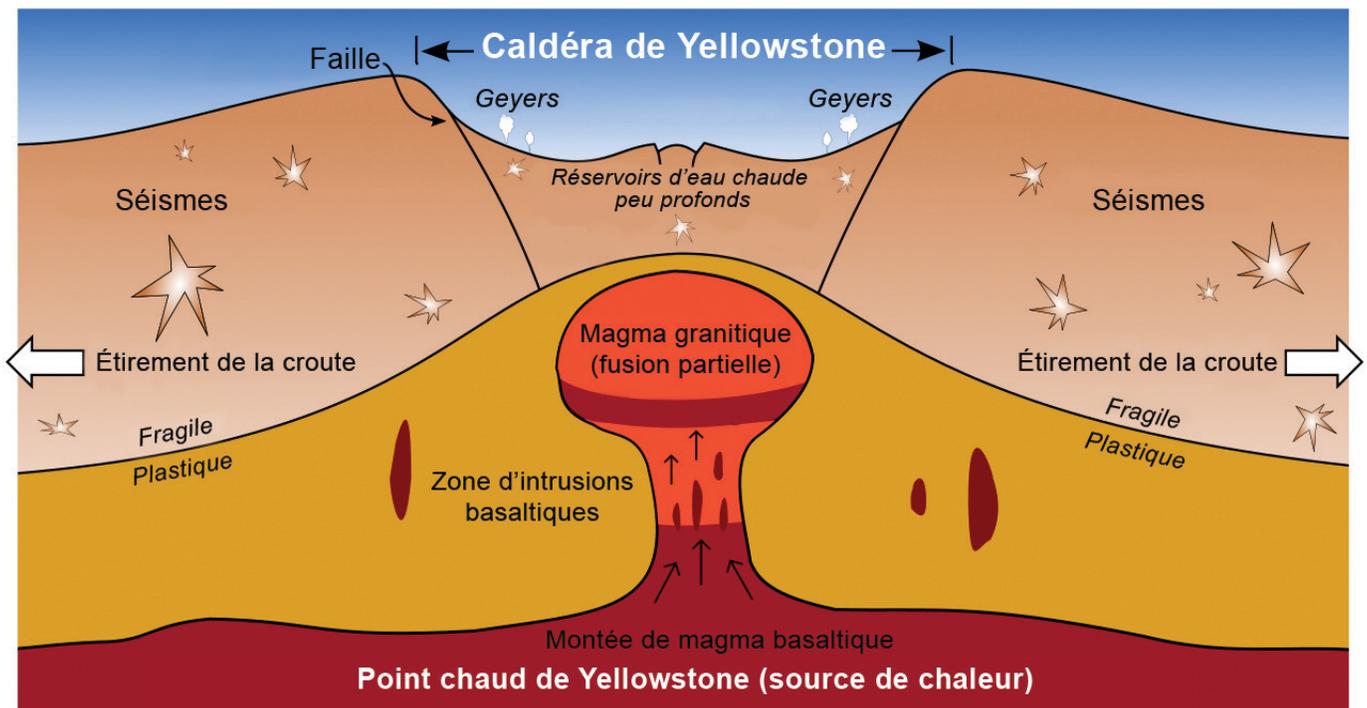
Comme le panache est très chaud, il fait fondre peu à peu l'épaisse croûte continentale. Ce phénomène crée une nouvelle zone volcanique ainsi que plusieurs fissures dans la croûte.

L'un de ces impacts est l'amincissement de la croûte continentale au-dessus du panache. En effet, comme le panache est très chaud, il fait fondre peu à peu l'épaisse croûte continentale. Ce phénomène crée une nouvelle zone volcanique ainsi que plusieurs fissures dans la croûte (figure 1, étape D). Ces phénomènes volcaniques sont très visibles dans le parc national de Yellowstone, notamment par ses nombreux geysers.



**FIGURE 1** Les étapes de la fracturation de la plaque Farallon, causée par le point chaud.

Source : Murphy JB. The Role of the Ancestral Yellowstone Plume in the Tectonic Evolution of the Western United States. Geosci Can [Internet]. 15 déc 2016; 43(4) : 231-250. Figure 2a; p.234. Disponible : <https://journals.lib.unb.ca/index.php/GC/article/view/24591>



**FIGURE 2** Schéma représentant l'amincissement de la plaque continentale au-dessus du point chaud.

Source : Yellowstone Caldera. [Image en ligne]. 4 oct. 2009 [Consulté le 18 avril 2018]. Disponible : [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Yellowstone\\_Caldera.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Yellowstone_Caldera.svg)

Le point chaud situé sous le parc national de Yellowstone a été responsable de trois éruptions volcaniques explosives, chacune espacée d'environ 600 000 ans. Pour que de telles explosions aient lieu, plusieurs conditions doivent être réunies. Le volcan doit posséder un réservoir magmatique énorme en plus d'avoir un magma à la fois riche en eau et très visqueux, donc riche en silice. (2) Ces deux caractéristiques font en sorte que le magma très épais n'est pas capable de s'écouler en dehors du volcan. Celui-ci va donc s'accumuler dans le réservoir, et la vapeur d'eau va créer une forte pression sur le magma. C'est cette forte pression qui est responsable de l'expulsion massive de magma et de débris lors de l'éruption d'un super volcan. Le meilleur endroit pour que de telles conditions se produisent est dans une zone de subduction océan-continent. En effet, lorsque la plaque océanique s'enfonce sous la plaque continentale, celle-ci entraîne avec elle une grande quantité d'eau, qui sera en mesure de remonter à la surface sous forme de vapeur.

Toutes ces caractéristiques sont présentes dans le parc de Yellowstone, ce qui explique pourquoi le parc est en fait une énorme caldeira.

Une caldeira est une gigantesque dépression ronde qui résulte d'une éruption volcanique si puissante que toute la chambre magmatique a été vidée. Un tel monument géologique témoigne de la violence des éruptions d'un super volcan. Dans le cas de Yellowstone, la caldeira n'est pas très visible puisqu'elle a été recouverte de plusieurs couches de magma résultant d'éruptions moins intenses.

Des éruptions de super volcans n'ont jamais été observées, mais leurs traces géologiques laissent supposer une dévastation extrême. De plus, la quantité de matière expulsée dans l'atmosphère serait si grande que le climat de l'ensemble de la planète en serait refroidi. Nous sommes peut-être à l'aube d'une telle catastrophe, puisque le site de Yellowstone entre en éruption à chaque 600 000 ans, et la dernière éruption remonte à environ 600 000 ans... (3)

En conclusion, le parc de Yellowstone est situé directement au-dessus d'un point chaud, qui est la cause du volcanisme intense observé sur l'entièreté de la région occupée par le parc. Ces traits qui rendent ce parc unique en son genre amènent plusieurs autres phénomènes géologiques des plus variés.

Des geysers en quantité, des sources d'eau chaude aux couleurs diverses, et même des fumerolles très actives ne sont que quelques exemples des phénomènes hors de l'ordinaire que ce parc renferme et qui font de Yellowstone un véritable joyau géologique.

#### RÉFÉRENCES :

1. Murphy JB. The Role of the Ancestral Yellowstone Plume in the Tectonic Evolution of the Western United States. *Geosci Can* [Internet]. 15 déc. 2016 [cité 28 févr. 2018]; 43 (4):231-50. Disponible sur : <https://journals.lib.unb.ca/index.php/GC/article/view/24591>
2. Kaminski É. Supervolcans - *Universalis.edu* [Internet]. *Universalis.edu* [cité 28 févr. 2018]. Disponible sur : <http://universalis-valleyfield.proxy.ccsr.qc.ca/encyclopedie/supervolcans/>
3. Bergoeing JP. Le Cas du Yellowstone une Caldeira exceptionnelle. *Rev Geográfica* [Internet]. 2005 [cité 28 févr. 2018]; (137):49-55. Disponible sur : <http://www.jstor.org/stable/40996698>

# ET LA LUMIÈRE FUT

Par Simon Brabant et Laurie Boothman

Lorsqu'on vous parle du concept de lumière, la première idée qui vous vient à l'esprit est probablement le réseau électrique qui parcourt l'ensemble de votre maison et qui vous permet de voir dans la pénombre. Or, dans les profondeurs de l'océan, la lumière se fait rare. Les organismes vivant dans de tels lieux utilisent donc la bioluminescence afin d'illuminer cet abîme.

La bioluminescence, un chef-d'œuvre de la nature, permet à plusieurs organismes marins de s'orienter dans l'obscurité, de capturer leurs proies ou de se défendre. Toutefois, c'est l'impressionnante lumière de l'*Aequorea victoria* qui nous intéresse plus particulièrement. Le processus biologique se cachant derrière la bioluminescence de cette méduse a permis à plusieurs chercheurs de réaliser des avancées technologiques dans les domaines de la médecine, de la biologie et de la chimie. Cette découverte a été récompensée du prix Nobel de chimie en 2008.

## La bioluminescence

Ce qui est fabuleux avec la bioluminescence, c'est que l'animal génère lui-même de la lumière au moyen de réactions chimiques que son organisme produit. Ces réactions bien particulières peuvent varier d'une espèce à l'autre, car ce ne sont pas les mêmes composés chimiques qui entrent en action pour obtenir cette lumière naturelle.

Chez notre méduse, la bioluminescence est due à une réaction d'oxydation intracellulaire entre une protéine, la luciférine, et une enzyme, la luciférase. (1) La structure chimique de ces deux composés diffère d'une espèce à l'autre. Le nom de cette protéine qui joue le rôle de luciférine chez l'*Aequorea victoria*, se nomme l'« apoaequorine », du nom de la méduse, tandis que l'enzyme qui joue le rôle de luciférase est le « coelentérazine ». Lorsque cette protéine rencontre son enzyme, elles s'associent comme deux blocs Lego. Une fois l'assemblage entre la protéine et l'enzyme complété, l'oxygène présent dans l'organisme de la méduse vient réagir avec cet assemblage moléculaire. (1) Cette réaction fait passer la molécule d'un état stable à un état électroniquement excité et instable. Il est possible de comparer cette réaction à un enfant ayant consommé trop de bonbons et de chocolats, le rendant ainsi excité. Alors, son organisme dépensera de l'énergie dans le but de revenir à un état stable. Il en est de même pour la molécule dans l'organisme de la méduse qui, pour retourner à son état de repos, va émettre un photon (énergie lumineuse) qui produira de la lumière dans la partie bleue du spectre électromagnétique (voir la figure 1). Mais pourquoi la lumière émise par l'*Aequorea victoria* est-elle verte et non bleue ?

C'est le chimiste et biologiste japonais Osamu Shimomura qui en découvrit la cause en 1962. En fait, cette méduse contient une autre protéine responsable de la bioluminescence que Shimomura isola et nomma GFP pour *green fluorescent protein*. (1) Selon ses recherches sur cette protéine fluorescente, la GFP possède un chromophore particulier, c'est-à-dire un groupe chimique qui absorbe et émet de la lumière. Ainsi, quand on soumet la GFP à une lumière UV ou bleue, le chromophore de la GFP devient excité grâce à l'absorption de cette énergie lumineuse. Alors, la GFP émet à son tour un photon de lumière verte diminuant ainsi son énergie, ce qui s'apparente au phénomène de fluorescence. (1) C'est pourquoi la méduse *Aequorea victoria* émet une lumière verte plutôt que bleue (voir la figure 2).

La GFP, qui a été découverte grâce à cette méduse, a non seulement permis d'élucider le mystère entourant la bioluminescence de cette espèce de méduse unique, mais a aussi permis de nombreuses avancées en médecine, en biologie et en chimie.

## Une découverte aux services de la science

On peut comparer cette découverte à l'invention du microscope. En effet, alors qu'Anton Van Leeuwenhoek était l'un des premiers à utiliser le microscope pour étudier des phénomènes biologiques, un nouveau monde s'est ouvert aux scientifiques.

Le processus biologique se cachant derrière la bioluminescence de cette méduse a permis de réaliser des avancées technologiques.

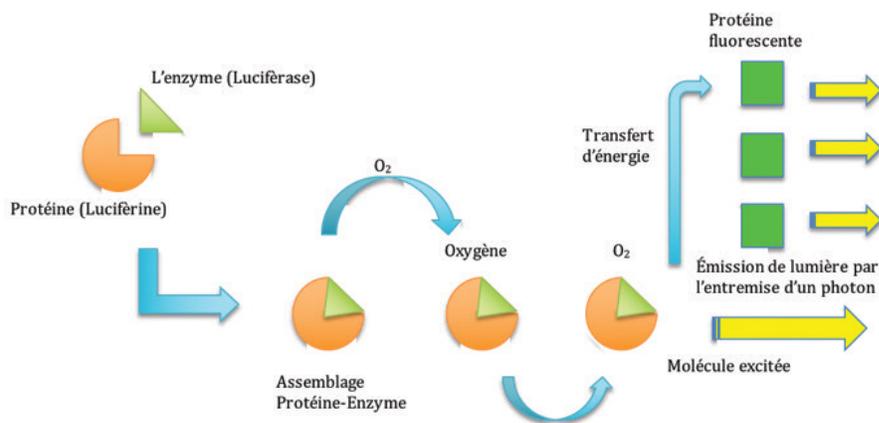
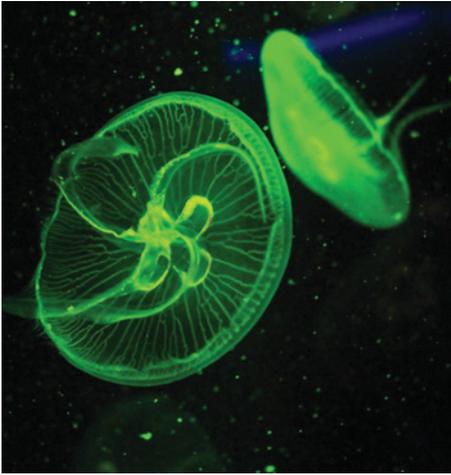


FIGURE 1 Mécanisme de la réaction de bioluminescence.

Source : Structure dessinée par les auteurs à l'aide du logiciel Word, 2018, Salaberry-de-Valleyfield.



**FIGURE 2** Bioluminescence de la méduse *Aequorea victoria*. Source : Sgruden [Image en ligne] 2017 [consulté le 18 avril 2018]. Disponible : <https://pixabay.com/fr/m%C3%A9duse-zoo-aquarium-leau-2938035/>

Ce qui était auparavant imperceptible était maintenant à portée de vue. Les scientifiques ont pris conscience de réalités dont on ne soupçonnait même pas l'existence à l'époque, comme, par exemple, les bactéries et les cellules. La découverte de la GFP a eu un effet sur le monde scientifique similaire à celui du microscope.

Cette protéine fluorescente a permis d'étudier et d'observer des phénomènes biologiques qui dépassent la capacité d'un microscope optique.

Une des utilisations les plus intéressantes de la GFP consiste à suivre les différents processus chimiques et biologiques à l'intérieur même d'une cellule. (2) Le diamètre d'une cellule est de l'ordre de 0,02 mm de diamètre et celle-ci est constituée d'organites, de protéines, d'acides gras et de différentes molécules. Leur observation nécessite une puissance de résolution dépassant celle d'un microscope optique. Donc, pour observer au sein de la cellule les processus chimiques qui sont généralement régulés par les protéines, il suffit de fusionner *in vitro* le gène de la GFP provenant de la méduse *Aequorea victoria* au gène d'une protéine que l'on souhaite étudier. (2) *In vitro* fait ici référence à un procédé qui se situe à l'extérieur de l'organisme ou de la cellule, comme la fécondation *in vitro* que vous connaissez probablement. Alors, le nouveau gène recombiné peut être ensuite réintroduit dans la cellule ou dans l'embryon qui va synthétiser la nouvelle protéine, laquelle sera à présent fluorescente grâce à la GFP.

On pourra ensuite observer à l'aide d'un microscope à fluorescence des processus tels que le comportement, les mouvements et les interactions entre la protéine modifiée et le milieu de la cellule. (2) Celle-ci sera facilement traçable grâce à sa forte luminescence lorsqu'elle est soumise à une lumière bleue ou UV ! Il est désormais possible de suivre la croissance des tumeurs cancéreuses, le développement de la maladie d'Alzheimer, l'évolution de bactéries pathogènes, etc. Ainsi, peut-être qu'un jour nous comprendrons certaines de ces maladies aux pouvoirs dévastateurs et trouverons un remède !

Qui aurait cru qu'un jour de petits êtres bioluminescents cacheraient peut-être la clé de la compréhension des mécanismes biologiques, chimiques et médicaux que tant de scientifiques tentent de déchiffrer ?

#### RÉFÉRENCES :

1. Gomez G. Des protéines fluorescentes [Internet]. [cité 27 mars 2018]. Disponible sur : <https://tice.ac-montpellier.fr/ABC-DORGA/Famille8/GFP.htm>
2. Levy L. Prix Nobel de Chimie 2008 : une méduse fluorescente récompensée. [Internet]. 2008 [cité 27 févr. 2018]. Disponible sur : <http://culturesciences.chimie.ens.fr/content/prix-nobel-de-chimie-2008-une-meduse-fluorescente-recompensee-925>

## L'ESPOIR EST DANS LE NEZ DU CHIEN

Par Alyssia Langlois, Laurence Pinard et Katherine Séguin

*Je suis une molécule d'une cellule du cancer du sein, et je serai détectée par un chien, un animal au système olfactif très développé. Mon histoire commence ici.*

J'ai été formée avant que tu ressenties une douleur persistante au niveau de tes aisselles et qu'il y ait un changement dans la grosseur de ton sein. Tu as bien fait de ne pas attendre et d'en avvertir ton médecin parce que l'endroit d'où je proviens peut-être dangereux pour ta survie. En effet, je proviens d'un amas de cellules anormales nommé « tumeur ». Ces cellules ont la capacité de se multiplier et de te causer de graves ennuis. Il y a différents endroits où elles peuvent s'installer. Dans ton cas, ces dernières ont décidé de se multiplier dans les cellules qui revêtent les canaux qui transportent le lait de tes glandes à tes mamelons. (1)

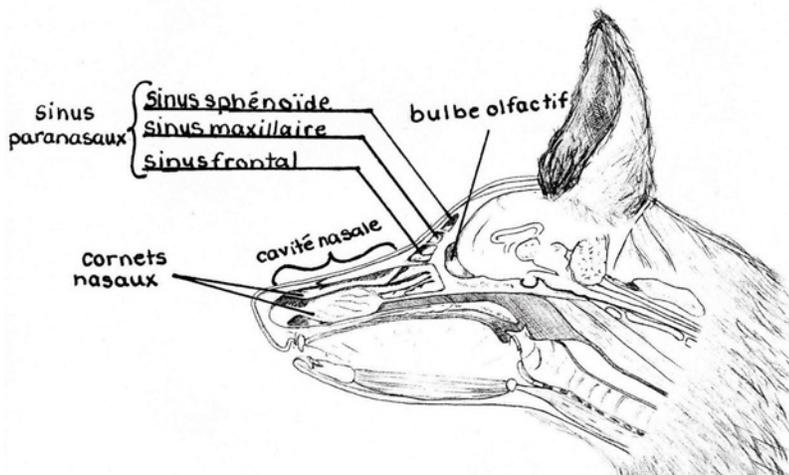
Elles auraient aussi bien pu s'installer dans les cellules de tes lobules, soit les glandes qui protègent ton lait maternel pour ta progéniture. (1)

Heureusement pour toi, je ne suis pas très discrète. Ton ami le chien est capable de me détecter grâce à son système olfactif perfectionné, ce que ne peuvent même pas les inventions humaines ! Désolé, j'ai oublié de me décrire ! Je suis une mystérieuse molécule ayant un groupement méthyle. (2) C'est grâce à moi qu'on peut détecter, puis traiter un cancer pour finalement en guérir.

Comme je le disais, le chien a un système olfactif très développé, ce qui lui permet d'obtenir les informations nécessaires à sa survie. Les humains peuvent profiter de la sensibilité olfactive de cet animal pour leur propre santé. Lorsqu'on entraîne un chien, ses cellules

spécifiques à l'olfaction vont augmenter en nombre, car elles se régénèrent constamment, ce qui a pour effet d'augmenter la précision de sa détection de l'odeur, sa principale mission. Détecter implique que le chien renifle pour qu'une grande quantité d'air se rende à ses récepteurs olfactifs ; s'il ne faisait que respirer, seulement 12-13 % de cet air se rendrait à son épithélium olfactif. (3)

La surface de l'épithélium olfactif du chien est immense : ses cellules olfactives recouvrent environ 160 cm<sup>2</sup>.



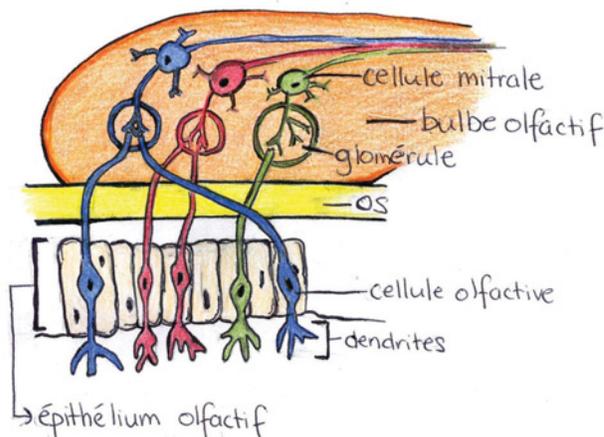
**FIGURE 1** Coupe transversale du système olfactif canin.  
Source : Camille Savage, modifié par Alyssia Langlois, dessin, 2018, Saint-Constant.

Cela étant dit, étant une molécule volatile, je voyage dans l'air jusqu'aux narines du chien qui me renifle pour entrer dans sa cavité nasale. J'atteins les cornets nasaux couverts d'une membrane comprenant l'épithélium olfactif. Wow ! la surface de l'épithélium olfactif du chien est immense : ses cellules olfactives recouvrent environ 160 cm<sup>2</sup>. Un tissu épithélial, l'épithélium cilié, s'occupe de chauffer et de nettoyer l'air inspiré. Le volume de sa cavité nasale permet au chien de séparer les molécules, comme moi, pour mieux les distinguer. Puis, je continue mon chemin vers les cornets postérieurs et les sinus paranasaux, soit le sinus frontal, le maxillaire et le sphénoïde (voir la figure 1). Sur ces structures, on retrouve l'épithélium olfactif principal ; c'est là où je serai liée aux récepteurs olfactifs du chien. (3)

Puisque je suis une molécule hydrophobe, je n'aime pas l'eau. Une protéine de liaison olfactive de la muqueuse nasale doit donc venir me chercher et me lier à un récepteur olfactif. Sinon, je me dissous dans la muqueuse olfactive du tissu épithélial et me lie sans aide à un récepteur olfactif spécifique. En effet, il y a plusieurs types de récepteurs olfactifs qui acceptent chacun des types de molécules différents, mais les spécialistes ne savent pas exactement qui je suis. Malgré tout, j'avais amplement le choix quand il est venu le temps de choisir la cellule réceptrice olfactive à laquelle je voulais me lier, car le chien en possède de 200 à 300 millions, soit 4 à 6 fois plus que l'humain. En effet, la quantité de récepteurs olfactifs dans le tissu épithélial est à la base de la force de l'odorat du chien. La densité des neurones est l'autre facteur qui permet au chien de mieux distinguer les odeurs. Et voilà ! Mon trajet vers les profondeurs de la cavité nasale s'arrête ici, tout comme celui de mes compagnes. Toutefois, mon information continue son périple dans le chien, mais on y reviendra plus tard. (3)

Moi, je dois sortir. Cependant, je n'emprunterai pas le même parcours pour retourner dans l'air ambiant. Que le chien est bien fait ! La structure du nez du chien fait en sorte que l'air inspiré et l'air expiré ne passent pas par le même chemin, ce qui permet au chien d'inspirer un nouvel échantillon d'air chaque fois qu'il renifle. (3)

Pendant ce temps, mon information se trouve dans les récepteurs olfactifs canins qui sont sur les cils des dendrites des cellules réceptrices olfactives. Les cellules réceptrices olfactives sont des neurones particuliers qu'on retrouve dans le tissu épithélial nasal. Plus précisément, ces cellules sont des neurones bipolaires, c'est-à-dire des neurones composés d'un corps cellulaire d'où sortent deux axones se terminant chacun avec des dendrites. Les cellules réceptrices olfactives effectuent le processus de transduction, ce qui permet aux particules odorantes d'être transformées en odeur par le cerveau du chien. (3)



**FIGURE 2** Agrandissement d'une partie du système olfactif canin.  
Source : Laurence Pinard et Katherine Séguin, dessin, 2018, Salaberry-de-Valleyfield.

La transduction débute quand mon information est transmise rapidement à travers le neurone grâce à un potentiel d'action. Elle est ensuite transférée à un glomérule, un amas de neurones de second ordre, grâce à une synapse entre les deux structures. Les glomérules sont situés dans le bulbe olfactif du chien, lui-même situé derrière la cavité nasale. Ils servent à ramasser l'information de tous les récepteurs olfactifs de mêmes types. Mon information se retrouve alors avec celle de mes compatriotes et elle est ensuite acheminée aux cellules mitrales grâce à un autre potentiel d'action. Ces cellules, connectées entre elles, sont aussi des neurones (voir la figure 2). Leur interconnexion leur permet de recueillir mon information ainsi que celles de mes compatriotes et la rajouter à celle de plusieurs glomérules pour ensuite la raffiner, la modifier et finalement l'envoyer par leurs axones jusqu'au cortex piriforme du chien. (3)

Ouf, après tout ce voyage, mon information est finalement traitée par les neurones du cortex piriforme, une partie du cerveau du chien, qui la transformeront en odeur. (3) Le cancer ne peut se cacher du chien. Mission accomplie !

#### RÉFÉRENCES :

1. Cancer Society. What is breast cancer? [Internet]. Canadian Cancer Society. 2018 [cité 5 avril 2018]. Disponible sur : <http://www.cancer.ca/en/cancer-information/cancer-type/breast/breast-cancer/?region=qc>
2. Rosier F. Un nouveau mécanisme pour expliquer le cancer du sein? [Internet]. Le Monde science et médecine. 2018 [cité 5 avr. 2018]. Disponible sur : [http://www.lemonde.fr/sciences/article/2018/03/05/un-nouveau-mecanisme-pour-expliquer-le-cancer-du-sein\\_5265838\\_1650684.html](http://www.lemonde.fr/sciences/article/2018/03/05/un-nouveau-mecanisme-pour-expliquer-le-cancer-du-sein_5265838_1650684.html)
3. Bamford KA. Canine Olfaction : An Overview of the Anatomy, Physiology and Genetics [Internet]. Canine Olfaction : An Overview of the Anatomy, Physiology and Genetics. 2014 [cité le 5 avril 2018]. Disponible sur : <https://emahosting.com/mesard/Articles/Canine-Olfaction-Review%20-kab.pdf>

# AUORES POLAIRES : DU MYTHE À LA RÉALITÉ

Par Janel Beaudin, Étienne Langlois et Jean-Christophe Leduc

*L'Homme a toujours scruté les étoiles en quête de vérité. Vous pensiez peut-être tout connaître sur les aurores polaires, un phénomène cosmique notoire. Pourtant, vous pourriez être surpris ! Découvrez les processus chimiques et physiques à l'origine de ce spectacle étincelant !*

Au cours des siècles, les aurores boréales, au nord, ainsi que les aurores australes, au sud, ont fasciné plusieurs grands hommes de science (voir la figure 1). Parmi ceux-ci, on peut notamment citer des chercheurs comme Galilée et René Descartes. Elles ont aussi façonné l'imaginaire de nombreux peuples. Maints mythes et légendes des peuples de l'Asie, de la Scandinavie et du Grand Nord canadien en découlent. Certains pouvoirs ont même été attribués aux aurores polaires ! En Suède, on disait des aurores boréales qu'elles permettaient l'accroissement de la fertilité de la terre et, chez les Inuits, on leur accordait le pouvoir de guérison. En revanche, les aurores polaires ont également été associées à de mauvais présages. Par exemple, pour les peuples autochtones, elles symbolisaient la porte d'entrée à la Contrée des âmes. C'est pourquoi leur présence dans le ciel était perçue comme une danse des ancêtres qui se réjouissaient de la mort à venir d'un de leurs descendants. (1) Or, le mystère de la majorité des mythes est désormais dissipé par les explications de la science.

Tout d'abord, pour qu'une aurore polaire puisse se former, une très grande quantité d'énergie est nécessaire. Cette énergie provient de particules chargées s'échappant du Soleil.

Tout d'abord, pour qu'une aurore polaire puisse se former, une très grande quantité d'énergie est nécessaire. Cette énergie provient de particules chargées s'échappant du Soleil. Plus précisément, il s'agit d'ions et d'électrons formant un gaz électriquement chargé que l'on nomme « plasma » ou « plasma solaire ». Ce plasma forme le vent solaire, un vent se déplaçant à des vitesses spectaculaires allant de 300 à 1000 km/s ! (2)

Une fois ces particules du vent solaire arrivées près de la Terre, elles sont canalisées dans le champ magnétique terrestre. C'est grâce aux lignes de champ magnétique que les particules sont déviées vers le pôle Sud ainsi que le pôle Nord de la Terre, selon leur charge électrique. En effet, notre planète agit un peu comme un barreau aimanté, ce qu'on peut facilement observer grâce à la figure 2. (2)

En raison de la grande énergie contenue dans le vent solaire, celui-ci déforme les lignes de champ magnétique autour de la Terre que l'on appelle « magnétosphère ». On peut notamment observer sur la figure 2, du côté opposé au Soleil, que les lignes de champ sont repoussées par le vent solaire, ce qui donne une forme ovale et allongée à la magnétosphère. (2)

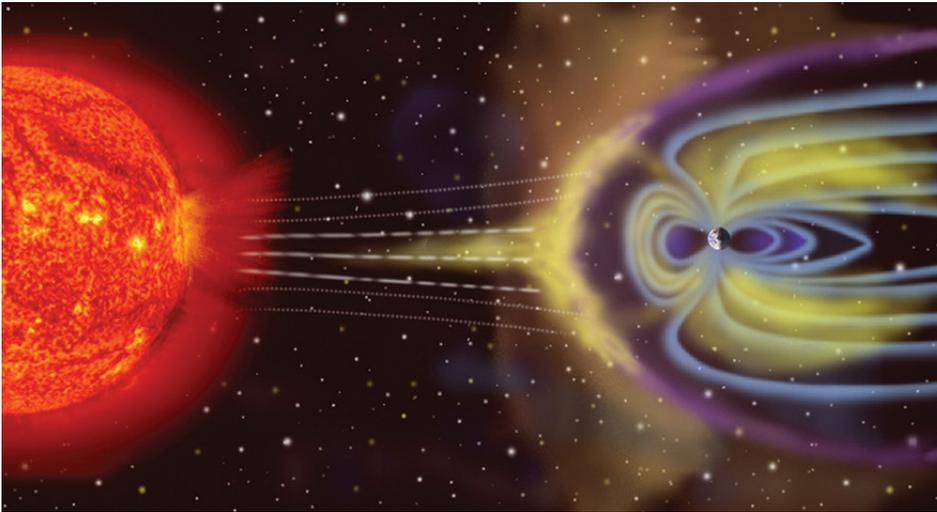
C'est dans la magnétosphère que les particules chargées du plasma solaire convergent vers les pôles afin de pénétrer dans la haute atmosphère. Une fois dans la haute atmosphère, plus particulièrement dans l'ionosphère, les particules énergétiques du vent solaire vont exciter les atomes de cette couche céleste. En effet, « les atomes et les molécules neutres de l'atmosphère, portés à un état excité par l'impact d'une particule énergétique, émettent, en revenant à l'état fondamental, un photon dont la longueur d'onde est caractéristique de leur nature chimique et du niveau de l'état excité. » (3)

En fait, une notion de chimie, celle des orbitales atomiques, nous permet de comprendre comment se forme ce phénomène coloré. En effet, la couleur des aurores polaires est expliquée par les orbitales atomiques initiale et finale occupées par l'électron, qu'on appelle communément les « couches électroniques ». Observons ce phénomène de plus près.

Tout d'abord, le noyau d'un atome est composé de protons et de neutrons. Autour de ce noyau gravitent des électrons. D'ailleurs, on peut imaginer un modèle simplifié des couches électroniques sur lesquelles surfent les électrons en se représentant un noyau autour duquel des cercles sont disposés.

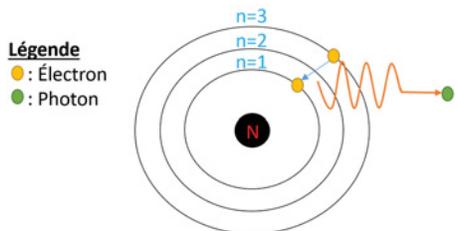


**FIGURE 1** Aurore boréale observée en Alaska. Source : Senior Airman Joshua Strang, United States Air Force. [Image en ligne]. 18 janvier 2005 [consulté le 5 avril 2018]. Disponible : <http://www.af.mil/News/Photos/igphoto/2000585663/>



**FIGURE 2** Représentation de la déformation du champ magnétique par le vent solaire (Magnétosphère).  
 Source : Nasa. Magnetosphere rendition. [Image en ligne]. 19 juin 2005 [consulté le 5 avril 2018]. Disponible : [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Magnetosphere\\_rendition.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Magnetosphere_rendition.jpg),

Ces cercles, sur lesquels les électrons se déplacent librement, sont les orbitales atomiques. Chaque électron est associé à une orbitale qui lui est propre. De la sorte, lorsque l'électron est excité par une particule solaire, celui-ci peut acquérir l'énergie qui lui est précisément nécessaire afin de sauter sur une couche électronique plus élevée. Toutefois, ce gain d'énergie n'est que temporaire et l'électron devra, un jour ou l'autre, retourner vers son orbitale initiale en émettant un photon dont l'énergie correspond à celle que l'électron a perdue (voir la figure 3).



**FIGURE 3** Modèle simplifié des couches électroniques d'un atome et émission d'un photon.  
 Source : Étienne Langlois, image créée à l'aide du logiciel Microsoft Powerpoint, 2018, Salaberry-de-Valleyfield.

De la sorte, en observant les teintes des aurores polaires, nous pouvons facilement déterminer quelles molécules sont en jeu. En effet, on peut noter que la lumière rouge ainsi que la lumière verte proviennent des atomes excités d'oxygène; la couleur pourpre, quant à elle, provient des atomes d'azote. (3)

Enfin, pour certains, les aurores polaires relèvent plus de la fiction que de la réalité, car celles-ci se produisent davantage près des pôles. Toutefois, à la suite d'une activité solaire intense, et lorsque la quantité d'énergie propagée par le vent solaire est suffisante, on peut aussi observer ces bandes colorées dans les plus basses régions du Québec. (1) Malheureusement, à Montréal, où la pollution lumineuse est importante, il est peu probable de pouvoir observer des aurores boréales. Au fil du temps, cet embrasement du ciel aura su attirer l'attention de bien des peuples, forgeant ainsi leur imaginaire et leur culture. Cependant, la science aura encore une fois eu le dernier mot en démystifiant ce phénomène haut en couleur.

**RÉFÉRENCES :**

1. Savage C. Les aurores boréales ou les lumières mystérieuses. Outremont : Éditions du Trécaré; 2001. 144 p.
2. Rostoker G. Aurore boréale [Internet]. The Canadian Encyclopedia. 2015 [cité 23 mars 2018]. Disponible sur : <http://www.encyclopediecanadienne.ca/fr/article/aurore-boreale/>
3. Berthelie J-J. AURORE POLAIRE - Universalis.edu [Internet]. Universalis.edu. 2018 [cité 16 mars 2018]. Disponible sur : <http://universalis-valleyfield.proxy.ccsr.qc.ca/encyclopedie/aurore-polaire/>

## PHOTO D'ASTRONOMIE

Photographie : Élodie Fournier et Olivier Langlois, accompagnés de leur professeur, Martin Nantel-Valiquette



**FIGURE 1** La nébuleuse d'Orion

La photo a été prise par Élodie Fournier et Olivier Langlois, étudiants du cours d'astrophysique, dans le cadre de leur projet d'épreuve synthèse le 21 mars 2018 à Salaberry-de-Valleyfield.

La nébuleuse d'Orion fait partie d'un immense nuage de gaz (principalement de l'hydrogène) et de poussières situé à seulement 1 500 années-lumière de la Terre, soit  $1,42 \times 10^{16}$  km. Cet objet Messier (M42) est situé dans la constellation d'Orion, sous les trois étoiles constituant la ceinture, et est une des nébuleuses les plus brillantes de notre ciel nocturne. Elle contient l'amas ouvert d'importance le plus près du système solaire où naissent présentement plusieurs étoiles qui chauffent et ionisent les gaz qui l'entoure, ce qui lui confère ses couleurs.

Les finissant(e)s en Sciences de la nature du Collège de Valleyfield et leurs professeurs

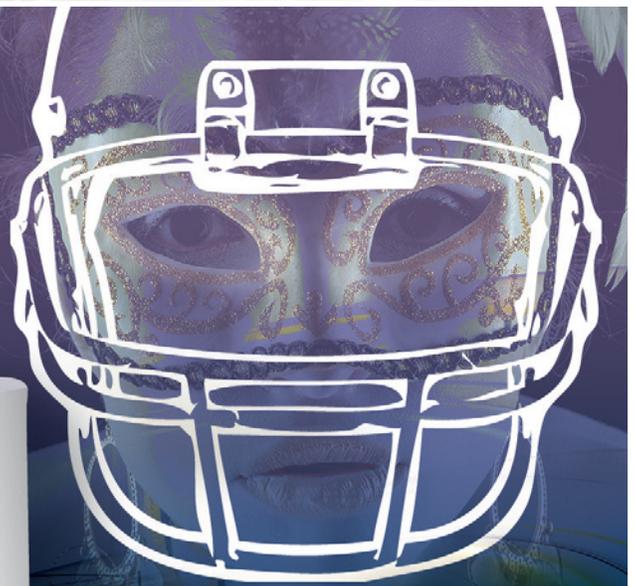


## AU COLLÈGE DE VALLEYFIELD

Les activités sportives et socioculturelles...

à fond  
= RIEN!

Association sport-études  
Théâtre | Improvisation | Danse | Football | Natation  
Hockey | Café philo | Soccer | Cheerleading | Basketball  
Fêtes internationales du théâtre | Le Tiers | Comité  
Écho-vert | Comité psychosocial | Cégeps en spectacle  
Forum étudiant | Alliance sport-études | Théâtre  
Improvisation | Danse | Football | Natation | Badminton  
Café philo | Soccer | Cheerleading | Basketball | Hockey  
cosom | Volleyball | Flagfootball | Cross-country | Fête  
internationale | Théâtre | Le Tiers



Concept unique au Collège de Valleyfield, la Vie intense intégrée aux études te permet de vivre tes passions à plein régime!

Inclus : soutien académique, horaire de cours adapté, conférences, formations spéciales et bien plus encore!

POUR INFORMATION : 450 373-9441, poste 491  
service.animation@colval.qc.ca - www.colval.qc.ca

# SCIENCES DE LA NATURE AU COLLÈGE DE VALLEYFIELD

## >>> TON PASSEPORT POUR L'UNIVERSITÉ!



2 profils disponibles

**SCIENCES DE LA SANTÉ**  
**SCIENCES PURES ET APPLIQUÉES**

Double DEC

**SCIENCES DE LA NATURE**  
**& ARTS VISUELS**

>>> 3 ans + 2 formations =  
la combinaison parfaite pour TES passions!

Au Collège de Valleyfield, le programme Sciences de la nature t'offre :

- Des projets uniques comme la Revue scientifique des finissants; une première rédaction scientifique distribuée à raison de 3 000 exemplaires dans plusieurs écoles et commerces de la Montérégie et du Grand Montréal
- Des activités pédagogiques concrètes comme :
  - l'intégration d'une espèce au Biodôme de Montréal
  - l'utilisation d'un observatoire d'astronomie
  - une excursion géologique sur le terrain
- Des laboratoires à la fine pointe de la technologie
- Plusieurs mesures d'aide pour faciliter ton intégration à la 1<sup>re</sup> session

**Programmes universitaires contingentés intégrés par nos diplômés en Sciences de la nature au cours des dernières années : MÉDECINE | PHARMACIE | SCIENCES BIOMÉDICALES | GÉNIE | DROIT COOPÉRATIF | ERGOTHÉRAPIE | KINÉSIOLOGIE | NUTRITION | ARCHITECTURE**

## Étudiant d'un jour

### AU COLLÈGE DE VALLEYFIELD

**JOURNÉE COMPLÈTE ou DEMI-JOURNÉE d'exploration**  
dans le programme de ton choix! **INSCRIPTION : [www.colval.qc.ca/edj](http://www.colval.qc.ca/edj)**



[communication@colval.qc.ca](mailto:communication@colval.qc.ca)

imprimerie  
**multiplus**

**COMAIRCO**  
LA SOLUTION EN AIR COMPRIMÉ



SOLARIS CHEM



SYNDICAT  
DES ENSEIGNANTES  
ET DES ENSEIGNANTS  
DU COLLÈGE DE VALLEYFIELD

STUDIO  
BEAUTÉ ACTUELLE  
ESTHÉTIQUE ELLE & LUI

**Johanne Landreville**  
COIFFURE et ESTHÉTIQUE

**coopsco**