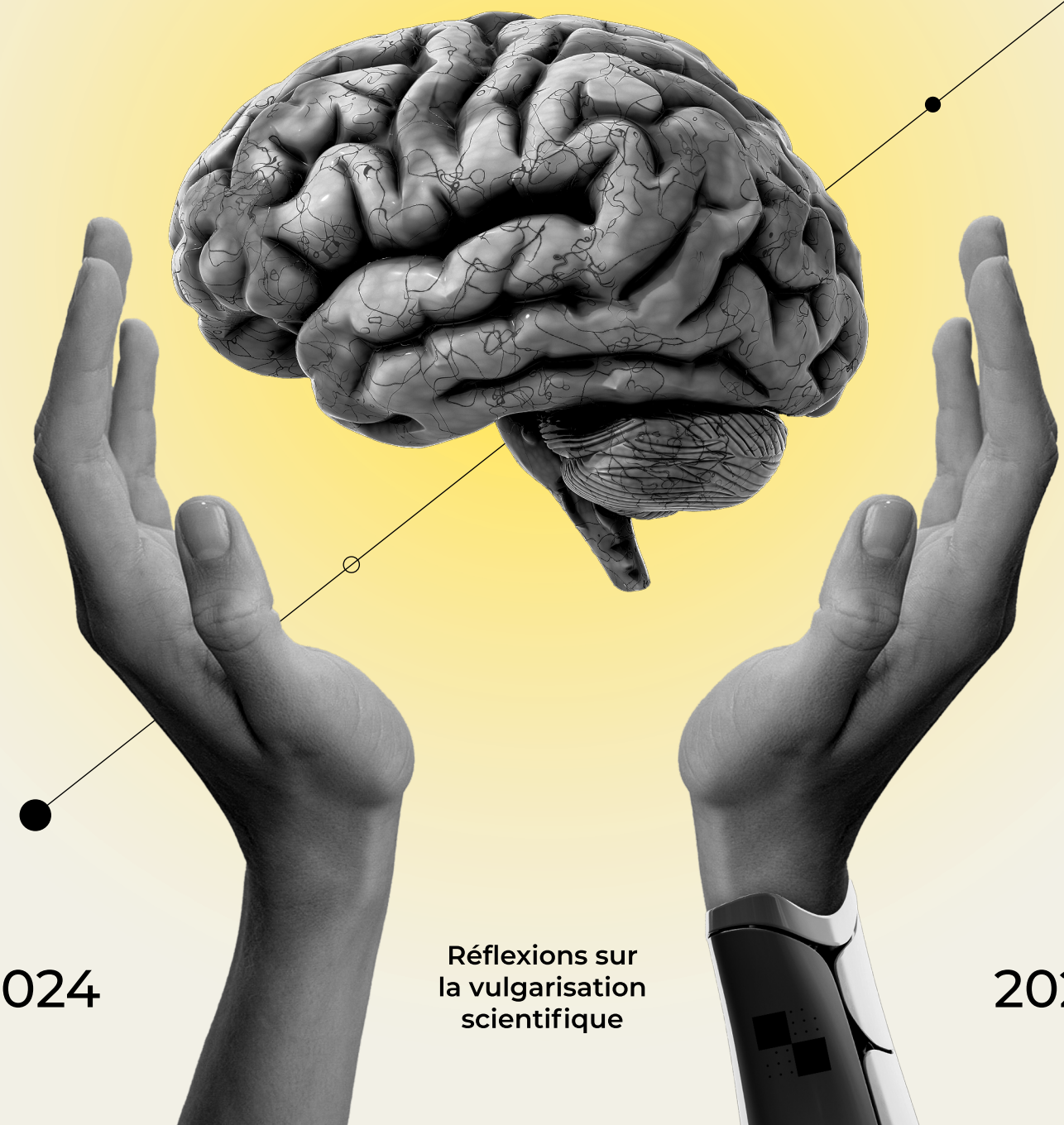
VOL. 02

Essais des finalistes

VULGARISER

POUR INSPIRER !



2024

Réflexions sur
la vulgarisation
scientifique

2025

« La science, c’est l’art de poser
des questions à l’univers…

et parfois **d’entendre** une réponse. »

CHRISTOPHER SKEETE

Le ministre délégué à l'Économie, ministre responsable de la Lutte contre le racisme et ministre responsable de la région de Laval

INSPIRER LA RELÈVE UN TEXTE SCIENTIFIQUE À LA FOIS

Certains concepts scientifiques nécessitent une bonne dose de vulgarisation pour être compris et appréciés. Par l'entremise du concours Vulgariser pour inspirer! et de la seconde édition de cette revue, nous pouvons facilement constater le sens de l'analyse et de la synthèse de nos scientifiques de demain. À travers leurs textes, ils nous transportent dans des univers complexes, mais désormais accessibles grâce à leurs efforts de compréhension et de communication. Et cela, pour le plus grand bonheur des esprits curieux.

Notre gouvernement est fier de soutenir ce concours par le biais du programme NovaScience, qui vise à promouvoir la culture scientifique et celle de l'innovation auprès de la relève. Il est essentiel pour les étudiantes et les étudiants de cultiver et de développer leurs compétences en science et en recherche afin de, peut-être, y découvrir une passion. C'est pourquoi nous sommes déterminés à appuyer des initiatives comme Vulgariser pour inspirer!, qui font naître de nouvelles vocations scientifiques à travers le Québec.

Toutes mes félicitations au Cégep de Sherbrooke et aux partenaires ayant contribué à cette revue, qui nous aide à démystifier la science un texte à la fois.

Bonne lecture!

Votre gouvernement

Québec

06
VULGARISER POUR INSPIRER !
GEORGES DESMEULES ET OLIVIER DOMINGUE

08
ÉTABLIR DES PONTS ENTRE LE MILIEU DE LA RECHERCHE ET LA SOCIÉTÉ
MARIE-JOSÉE FRASER

10
DÉFENSE ET ILLUSTRATION DE LA VULGARISATION SCIENTIFIQUE
YVON FORTIN

12
UNE BOUCLE DE RÉTROACTION
MARILOU BOISJOLY-COUSINEAU ET GEORGES DESMEULES

13
UNE FORMULE GRAPHIQUE
SAMUELLE MORAND, ALEXANDRIE LUSSIER ET EMRICK JACQUES

16
LES NEURONES MIROIRS : UN REFLET DU SUPERPOUVOIR CÉRÉBRAL
CATHERINE LORD

20
PSYCHOPATHIE : ENTRE PHYSIQUE ET ENVIRONNEMENT, UNE ÉNIGME À DÉCRYPTER
MYA CLOUTIER

24
ÉCRANS ET ENFANTS AU-DELÀ DE LA LUMIÈRE
ANISSA HAMANI

30
DES VIRUS SAUVEURS : L'ALLIANCE INATTENDUE CONTRE LES TUMEURS
YANIS ALLILI

34
OÙ EST CHARLIE ? À LA RECHERCHE DU GLIOBLASTOME CACHÉ
DAMYA NAIT ABBOU

38
SCIENCE ET PSEUDO-SCIENCE : EST-CE QUE LES CHOSES ONT VRAIMENT CHANGÉ ?
ARIANE CLOUTIER ET OLIVIER ROBIN

44
DE LA FICTION À LA RÉALITÉ, GRÂCE À L'INGÉNIERIE TISSULAIRE
THOMAS GAUVIN

48
UN VER PORTEUR DE VIE
JULIANNE BÉDARD

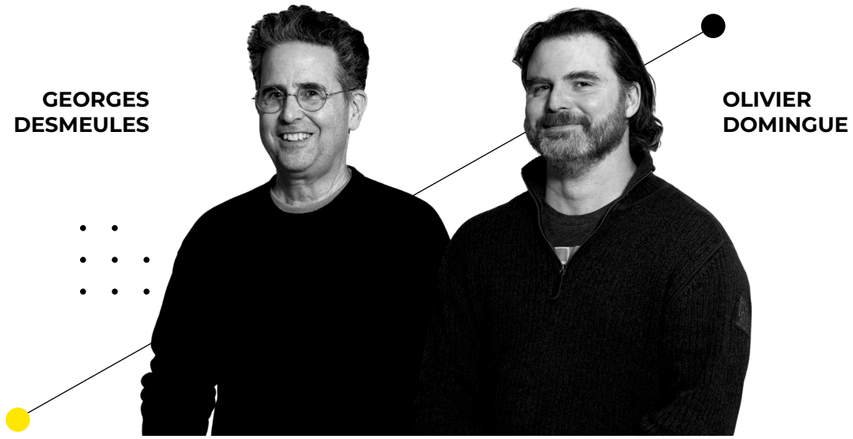
52
UN FOSSILE VIVANT COMPLEXE DANS SA PRIMITIVITÉ
CLARENCE MICHAUD

58
LA SCIENCE QUI BOUSCULE LE FUTUR
YOAN JALBERT

62
PARTOUT, MAIS INTROUVABLE : LA MATIÈRE MANQUANTE À L'UNIVERS
ZACK DESROCHERS

66
L'ODYSSÉE DES MONDES LOINTAINS
ÈVE PROTEAU

70
MÉDIAGRAPHIE
DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE, OUVRAGES ET RESSOURCES



GEORGES DESMEULES

OLIVIER DOMINGUE

VULGARISER POUR INSPIRER !

C'est avec un grand plaisir et beaucoup de fierté que nous vous présentons la deuxième édition de Vulgariser pour inspirer !, la revue des textes gagnants du concours de vulgarisation scientifique du Cégep de Sherbrooke. Ce concours a véritablement trouvé sa vitesse de croisière cette année, en bonne partie grâce au succès de l'édition de l'année dernière, mais aussi en raison de la richesse et de la diversité des textes soumis cette année.

Avant de présenter le contenu du présent numéro, nous tenons à souligner la très généreuse contribution de Carina Poulin, qui a spontanément accepté d'agir en tant que présidente d'honneur du concours de cette année.

Carina, une ancienne étudiante de notre cégep, mène une carrière scientifique exceptionnelle, au très prestigieux *Goddard Space Center* de la Nasa, en tant que *designer scientifique*. Elle y a entre autres participé à la concrétisation d'une mission orbitale d'observation « hyper spectrale » des réserves de planctons de notre planète. En dépit de son emploi du temps très chargé, elle a bien voulu contribuer à la soirée de lancement de la première édition de la revue, au mois de septembre. Elle a aussi prononcé, en novembre, une conférence pour lancer officiellement notre concours annuel. Dans sa présentation à la fois passionnante et stimulante, elle a su décrire, en tout simplicité, ses projets actuels et les étapes de son parcours, qui l'a amenée de Martinville à la NASA, en passant par les bancs de notre cégep.

CARINA POULIN

Présidente d'honneur du concours 2024-25 et designer scientifique à la NASA

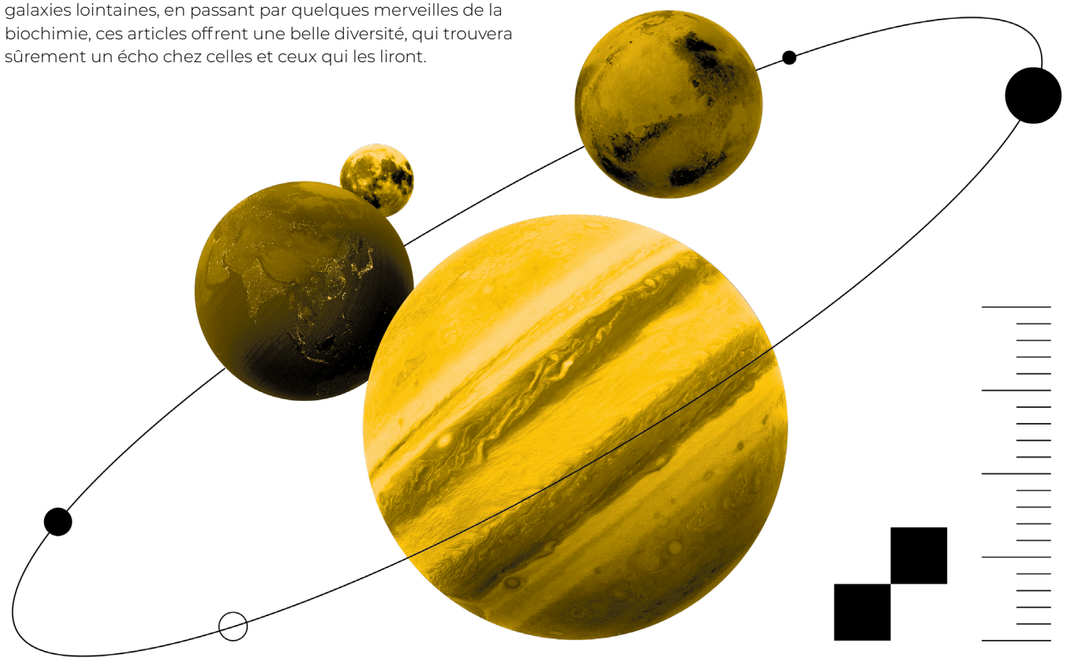
D'ailleurs, bien rendre compte de la valeur des articles de cette deuxième édition exige de souligner l'importance de la participation étudiante au concours de vulgarisation 2024-2025. En effet, tant par la quantité que par la qualité des textes soumis, nous pouvons affirmer qu'il s'agit d'une cuvée remarquable. Au terme d'un processus rigoureux et dynamique de lecture et de délibération, le jury a établi la liste des meilleurs articles parmi plus de 70 soumissions, soit une vingtaine de plus que lors de la première édition. Les cinq membres de notre jury, issus des domaines des sciences humaines, de la littérature et des sciences pures et appliquées, ont travaillé avec assiduité et sérieux pour mettre en lumière les qualités, et les quelques inévitables lacunes, de chacune des propositions. Les échanges et les discussions entre spécialistes de disciplines de tous les horizons ont constitué un réel plaisir, du début à la fin du processus. Leurs commentaires se reflètent dans les fiches d'évaluation transmises à l'ensemble des personnes ayant soumis un texte. Les membres de la communauté collégiale ont également contribué à cette sélection, via un vote populaire, en déterminant la meilleure vulgarisation d'un projet de recherche réalisé en Estrie.

L'indéniable intérêt de chacun des articles se trouve augmenté, nous semble-t-il, du fait qu'un parcours de lecture relie plusieurs d'entre eux et nous permet de les regrouper en différents thèmes. En effet, plusieurs textes portent sur la psychologie et le cerveau, des sujets pour lesquels il reste tant de mystères à élucider. Le domaine de la santé n'est pas non plus en reste, avec des articles mettant en lumière des avancées pour lutter contre le cancer, mais aussi pour aider les gens ayant besoin d'organes de rechange. Les autrices et auteurs se sont aussi permis de rêver à l'avenir et à l'immensité de l'espace infini. Ainsi, des profondeurs de l'âme humaine aux galaxies lointaines, en passant par quelques merveilles de la biochimie, ces articles offrent une belle diversité, qui trouvera sûrement un écho chez celles et ceux qui les liront.

Dans la première section de la revue, vous trouverez aussi les réflexions de Marie-Josée Fraser, qui nous relate l'histoire de ce concours, en explique les fondements et évoque des perspectives pour assurer sa pérennité et en élargir les horizons. Dans un texte très imagé et personnel, Yvon Fortin, professeur de physique à la retraite et vulgarisateur hors pair, explique les rouages de la création de ses activités de diffusion de la science. Pour leur part, Mariou Boisjoly-Cousineau et Georges Desmeules font le bilan de leur utilisation de l'édition originale de la revue dans un contexte pédagogique. Ils expliquent les avantages que présentent la lecture et l'analyse en classe d'essais produits par des pairs. Enfin, la très belle bande dessinée d'Ariane Cloutier et d'Olivier Robin expose les rouages de la démarche scientifique et oppose de manière originale science et pseudo-science. L'étude des textes primés l'année dernière a certes contribué à la qualité des articles de la présente mouture.

Enfin, Alexandrie Lussier, Samuelle Morand et Emrick Jacques, les graphistes avec qui nous avons eu le plaisir de travailler, présentent le fruit de leurs efforts pour la conception de la facture visuelle de la revue que vous tenez entre vos mains. Nul doute que leur travail impeccable met en valeur chacun des articles et en rendra la lecture aussi agréable qu'instructive.

Bonne lecture !



MARIE-JOSÉE
FRASER

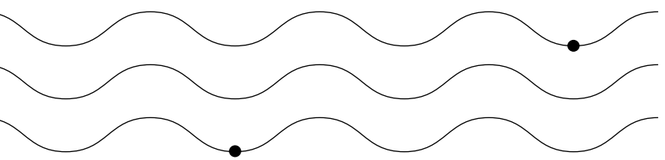
ÉTABLIR DES PONTS ENTRE LE MILIEU DE LA RECHERCHE ET LA SOCIÉTÉ

Un contexte

Nous traversons une période où les crises se succèdent et où des expertes et des experts de divers domaines expriment des avis éclairés par la science. Or, ce savoir reconnu se voit souvent remis en question par une portion importante de la population, faute de bien saisir la portée et la pertinence des recherches sur lesquelles il se fonde. En parallèle, de plus en plus d'individus ne se sentent pas en plein contrôle de leur destinée. De telles situations engendrent le doute, terre fertile pour l'émergence d'idées qui vont à l'encontre de savoirs scientifiquement reconnus.

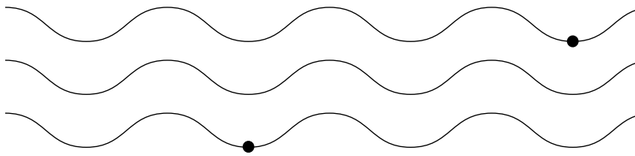
Un projet rassembleur

En donnant naissance au concours Vulgariser pour inspirer !, le Cégep de Sherbrooke a voulu contribuer à rehausser la confiance dans la science en établissant des ponts entre les expertes et les experts de la recherche estrienne et les jeunes du secondaire et du collégial ainsi que la population en général. La réponse du milieu a largement dépassé nos attentes. Une centaine de scientifiques établis ou en devenir ont démontré de l'intérêt pour ce projet et ont permis à notre relève étudiante d'entrer en contact avec une communauté créatrice de savoirs. Plusieurs centaines de jeunes du collégial ont accepté de relever le défi qui consiste à traduire des connaissances de pointe pour les rendre accessibles à des profanes en s'appuyant sur des sources d'information fiables. Nous ne pouvons publier qu'une dizaine de textes, mais nous savons que les quelque 70 personnes qui ont soumis un essai à la présente édition du concours ont raconté leur expérience à leurs proches. Ces partages ont certainement contribué à l'atteinte de l'objectif que nous nous étions donné.



Des retombées d'une grande richesse

Ce deuxième numéro de la revue *Vulgariser pour inspirer !* constitue le point d'arrivée d'un projet dont les retombées ont déjà rejailli sur la communauté de la recherche sherbrookoise ainsi que sur plusieurs centaines d'étudiantes et d'étudiants. Des sujets scientifiques variés ont été explorés, tant dans les champs des sciences naturelles et du génie que dans ceux des sciences humaines et sociales. Des rencontres fructueuses ont eu lieu entre des expertes et des experts de divers horizons et des membres de notre communauté étudiante. Des centaines d'exemplaires de revue ont été distribués au Cégep de Sherbrooke et dans les écoles secondaires de la région par des partenaires tels que les conseillères et les conseillers en orientation ainsi que par l'organisme Technoscience Estrie. Félicitations à toutes les personnes qui ont participé au concours Vulgariser pour inspirer ! Vous avez su faire sortir la recherche des laboratoires pour qu'elle enrichisse la culture scientifique et contribue à la rendre encore plus populaire !



L'avenir

Le projet Vulgariser pour inspirer ! arrive à un moment charnière. Le financement octroyé par NovaScience prend fin avec la publication du présent numéro, mais l'intérêt manifesté par l'ensemble des établissements collégiaux de l'Estrie pour la tenue d'une prochaine édition à laquelle leurs étudiantes et étudiants pourraient également participer nous porte à croire qu'il est possible de rêver à de grands lendemains. J'ai envie de croire que ce n'est qu'un au revoir !

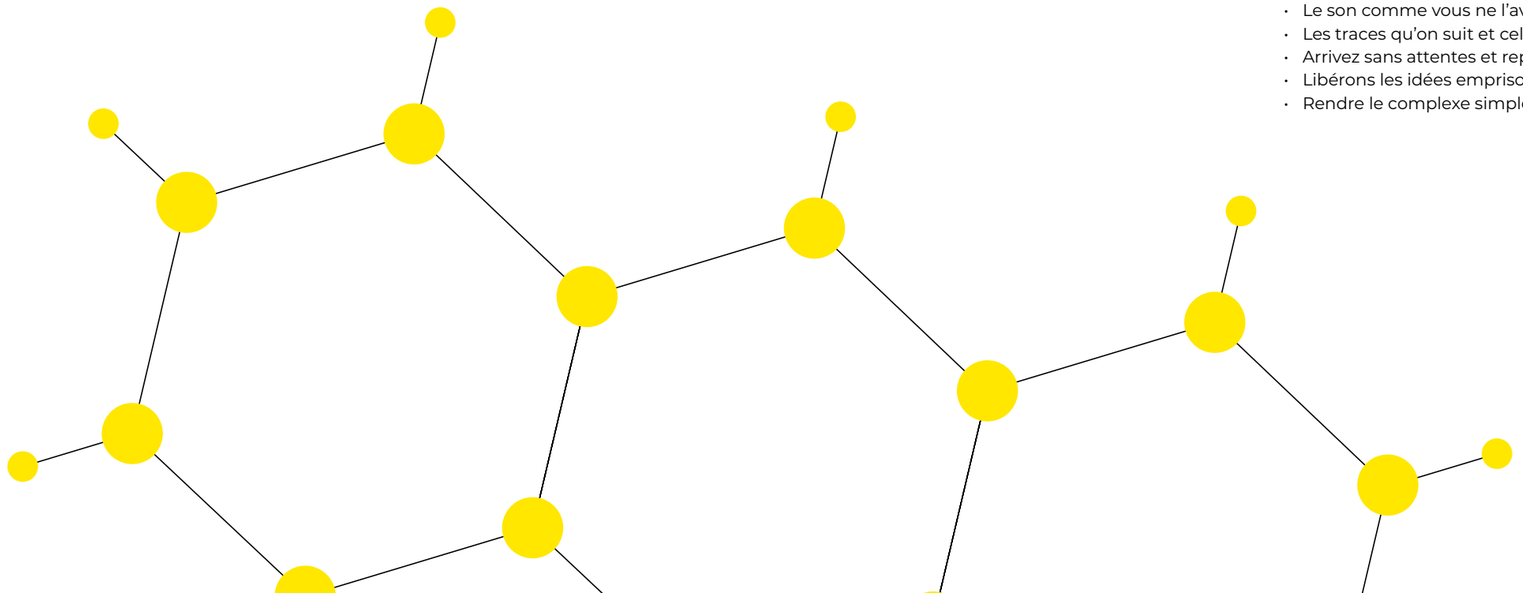
YVON
FORTIN

DÉFENSE ET ILLUSTRATION DE LA VULGARISATION SCIENTIFIQUE

Professeur à la retraite, Yvon Fortin a enseigné la physique au collégial. Il est également le fondateur du Centre de démonstration en sciences physiques (CDSP) du Cégep Garneau, à Québec. À ce titre, il a conçu plusieurs expositions portant sur divers thèmes scientifiques et prononcé des conférences partout à travers le Québec. Il était d'ailleurs le conférencier invité lors de la remise des prix de la première édition du concours Vulgariser pour Inspirer. Dans le présent texte, il expose sa manière de raconter et d'expliquer la science.

Surprendre et intriguer

D'abord, je me vois plus comme un conteur que comme un vulgarisateur, et ce qui me différencie de Fred Pellerin par exemple c'est que mes histoires racontent la science et que mes arbres à paparmanes existent bel et bien. C'est moins stressant. De toute façon en science comme au théâtre, l'imagination et les émotions seront toujours des ingrédients indispensables pour voir le monde autrement.



VOICI DONC QUELQUES-UNS DE MES TRUCS

Le décor

Lorsque les personnes qui assisteront à mes présentations s'installent, plein d'objets les attendent sur scène. Idéalement de gros objets qui ne produiront d'abord qu'un effet « insignifiant » deviendront ensuite importants lorsqu'on découvrira comment les voir. Cela fonctionnera d'autant plus dans la mesure où j'aurai insisté sur le caractère spectaculaire de ce qui est sur le point de se produire. Un peu mais pas trop de théâtre ne nuit jamais.

J'ai toujours voulu choisir des phénomènes que peu de gens ont déjà observés par eux-mêmes. Malgré tout ce qui circule sur le web, ce n'est pas ce qui manque. Ce qui n'est pas négligeable non plus, c'est que ces objets les amèneront déjà à se poser des questions avant même que j'aie ouvert la bouche. Alors, quand je les mets en scène, ils sont totalement attentifs. Que demander de plus ? Je choisis autant que possible des phénomènes susceptibles de les confondre. Qu'on vulgarise ou qu'on enseigne, le choc cognitif est un allié précieux.

Celles et ceux qui ont déjà assisté à une de mes présentations sont habituellement étonnés par le nombre d'objets que j'apporte d'autant plus que, souvent, il y en a plusieurs dont je ne me serai pas servi. Ça dépend de la façon dont le public réagit. Les jeunes à qui je m'adresse voient des objets, moi je vois des idées et je vais essayer de les leur faire voir aussi. Je me prépare du mieux que je peux et ensuite, je laisse la dynamique de l'interaction guider ma présentation. C'est pourquoi je ne prépare jamais de texte suivi, cela me garde alerte et à l'écoute. J'aime croire que le fait que je me sois donné tout ce mal amène celles et ceux qui m'écoutent à vouloir m'accorder leur attention. Avant même que j'entame mes présentations, j'essaie de choisir des titres qui étonnent et peuvent susciter des questions.

Voici les titres de quelques-unes des présentations d'Yvon Fortin :

- Archimède sec et mouillé.
- Le son comme vous ne l'avez jamais vu.
- Les traces qu'on suit et celles qu'on laisse.
- Arrivez sans attentes et repartez sans mots.
- Libérons les idées emprisonnées dans les objets.
- Rendre le complexe simple et le simple complexe.

Le discours

Vulgariser la science débute par un questionnement. J'aime lancer des idées qui dérangent et qu'on va ensuite exploiter et démontrer. Appréhender le réel dépend du fait qu'on ne voit pas nécessairement ce qu'on regarde, mais qu'on perçoit plutôt ce qu'on peut, ce qu'on veut et surtout ce qu'on sait voir.

Celles et ceux qui oseront offrir une réponse qui s'avère fausse à une question que vais poser sont des gens généreux, malgré eux peut-être, mais généreux quand même, car ils viennent d'offrir à tous et toutes une part de vérité. Ce qu'ils viennent de dire est faux et maintenant tout le monde le sait. Et plus on réussit à éliminer de faussetés, plus on s'approche de la vérité recherchée. Si ça vous semble trop évident pour y accorder de l'importance, sachez que c'est généralement comme ça que la connaissance se construit. Rarement tombe-t-on directement sur ce qu'on veut trouver. L'illusion du web n'y change rien. On n'est pas obligé de comprendre ce qu'on sait. Mieux, l'énorme majorité de ce qu'on sait, on ne le comprend pas.

C'est facile à admettre. Par exemple, les personnes qui assistent à mes présentations répondent spontanément « Oui » lorsque je leur demande si elles savent ce qu'est le temps, la température, l'énergie et quoi encore. Mais dès que je leur demande de dire ce que c'est, elles se taisent. Savoir et comprendre : deux réalités. J'espère que mes présentations leur permettront de savoir des choses qu'elles ne savaient pas, mais j'espère surtout qu'elles auront envie de les comprendre. De toute façon, on ne peut comprendre qu'avec ce qu'on sait, alors ça commence bien... L'histoire de ce que je présente comporte une source intarissable d'anecdotes. L'immense majorité des gens à qui on s'adresse, même les plus instruits, ne connaissent pas ou très peu l'histoire de ce qu'ils savent et c'est parfait pour quiconque veut toucher son public.

Ça permet de raconter des histoires dans lesquelles ils vont se reconnaître, s'émouvoir, se remettre en question et surtout vouloir en savoir plus. Pas question de chercher à tout prix à faire comprendre toutes les idées présentées et représentées. Souvent, même après des années d'étude, la véritable compréhension ne se fera qu'au prix de patientes réflexions. J'espère qu'ils auront le sentiment de leur propre capacité à les comprendre.Même dans mes cours, je savais que, pour de nombreux sujets d'étude, la compréhension ne serait que superficielle faute de ce précieux temps de réflexion que plusieurs ne sont pas prêts à investir. Mais il faut bien commencer quelque part.

Comment on observait, on expliquait, on comprenait, on enseignait jadis ce qu'on sait aujourd'hui est fascinant et très instructif. Pour cela, il faut s'équiper en Histoire et autant que possible se montrer attentifs aux fins détails, là où se cache le diable.

GEORGES DESMEULES

MARILOU BOISJOLY-COUSINEAU

UNE BOUCLE DE RÉTROACTION

Produire du matériel pédagogique, diffuser la recherche par le biais d'articles de vulgarisation scientifique, enseigner la communication, étudier dans un cours de formation générale ou spécifique, voici une liste d'activités qui fonctionnent généralement selon un circuit en parallèle. Or, peut-on envisager de les agencer en série de sorte que l'ensemble des membres d'une communauté bénéficient des avantages de la participation à chacune des étapes de ce circuit ? Voilà la proposition offerte aux personnes qui ont participé en classe au projet « Vulgariser pour inspirer ! », dans le cadre de la deuxième édition de ce concours.

Partons du principe qu'une classe peut se concevoir tel un laboratoire dans lequel se déroule une expérimentation. Une fois ce postulat admis, il s'agit de définir les conditions de l'expérience tentée auprès des groupes de Langue et communication, quatrième cours de la séquence de la formation générale en langue et littérature. La tenue au Cégep de Sherbrooke de la première édition du concours « Vulgariser pour inspirer ! », en 2023-2024, constitue le point de départ de notre projet pédagogique. La publication en revue des textes gagnants nous a fourni un matériel sur mesure. Ces articles portent sur un large éventail de sujets, divisés en trois sections. De l'échelle moléculaire à celle du cosmos en passant par des études sur le fonctionnement du corps humain, des ordinateurs, voire des effets de la pollution sonore, la lecture de la revue offre plusieurs manières de faire et de styles à émuler. Nous disposions donc d'une première mouture d'un outil pédagogique qui s'est avéré fort utile.

En effet, nous avons relevé plusieurs avantages à l'usage de cette revue, comme lecture imposée certes, mais aussi comme source d'inspiration, dans le cadre de notre enseignement. D'emblée, le simple fait de prouver que la tâche imposée relève du possible, dans la mesure où nous disposions de preuves concrètes à cet effet, constitue une première motivation. Les consignes imposées dans le cadre de nos cours paraissaient plus claires, les objectifs plus atteignables et la compétence reproductible du fait que les membres de nos groupes disposaient de résultats aboutis, faciles à consulter et à décortiquer : les textes gagnants de leurs pairs. La variété des formes et la diversité des manières de réaliser le travail ont aussi servi de déclencheurs au moment d'entamer l'écriture. Ainsi, en tant qu'exercice, l'observation et l'analyse du style de l'ensemble des amorces ont permis de dépasser, et largement, les illustrations et les exemples externes que nous avons également fournis.

L'étude comparée de l'ensemble des articles met bien entendu en évidence la pluralité des goûts et des intérêts. La revue a ainsi fourni une aide dans le choix des sujets et exposé un questionnement sur ce qui intéresse les jeunes. Toutefois, la discussion et la prise en compte des idées et opinions d'autrui renforcent le sentiment d'appartenance, d'autant plus que plusieurs ont côtoyé, il y a tout juste un an, l'une ou l'autre des autrices ou auteurs des textes à l'étude. Pour cette même raison, paradoxalement, la critique demeure possible : les étudiantes et étudiants s'autorisent à remettre en question les choix stylistiques de leurs collègues beaucoup plus librement que dans le cas de textes choisis et présentés comme faisant autorité. Cette liberté ouvre des perspectives d'écriture stimulantes qui les motivent d'autant plus. Qui plus est, le fait de développer un sujet personnel et passionnant justifie l'investissement d'énergie dans le travail de réécriture et de correction.

Enfin, la lecture et la relecture des articles permettent de bien identifier le public auquel on s'adresse et d'élever les standards que l'on s'impose au moment d'entamer la rédaction. L'écriture part d'une identification précise des destinataires. Dans ce cas-ci, nos étudiantes et étudiants ont occupé la posture de public cible avant de se faire émetteurs à leur tour : leur public s'incarne et cela procure à chaque personne qui participe au concours un véritable souci d'être comprise et de séduire. Ainsi, l'ensemble du processus fait intervenir la vulgarisation scientifique comme cause et effet dans cette démarche pédagogique, formant une boucle de rétroaction positive.

SAMUELLE MORAND

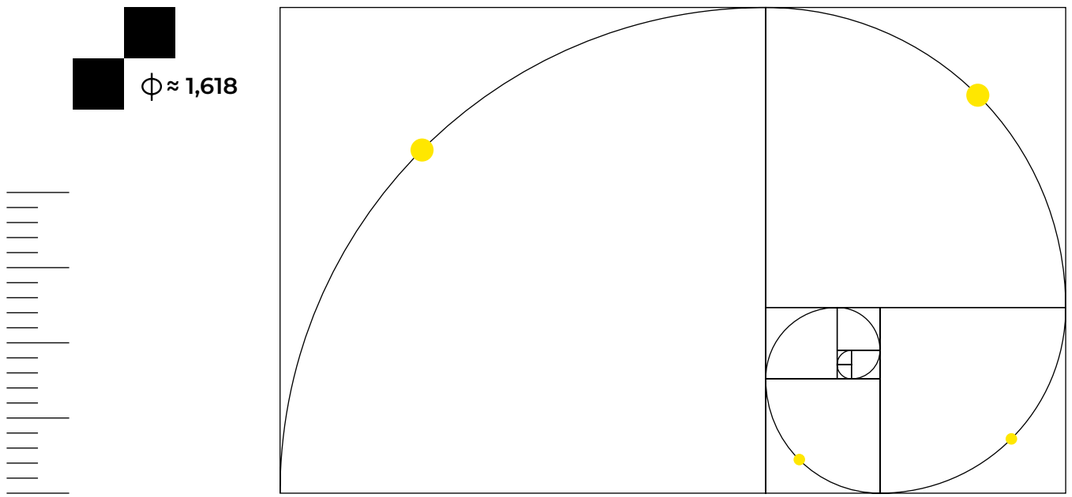
ALEXANDRIE LUSSIER

EMRICK JACQUES

UNE FORMULE GRAPHIQUE

Bienvenus dans cette deuxième édition de la revue scientifique *Vulgariser pour inspirer !* Nous souhaitons tout d'abord remercier chaleureusement le comité responsable pour sa confiance et pour l'opportunité qui nous a été offerte de participer à ce projet. Grâce à une belle collaboration, nous avons su mettre en valeur les textes scientifiques et faire briller les personnes finalistes pour l'année 2024-2025.

Le langage graphique établit un lien direct avec la science, s'inspirant de schémas et de contenus scientifiques pour illustrer la diversité des sujets abordés et les thèmes qui les relient. La mise en page structurée et les touches de couleur, à la fois discrètes et rythmées, assurent une lecture fluide et accessible. Ce projet a été pour nous une belle occasion pour explorer concrètement le design éditorial dans le cadre de notre stage de fin de technique de graphisme. Nous espérons que vous apprécierez cette revue autant pour la richesse de son contenu que pour son esthétique. Bonne lecture, et félicitations à toutes et à tous les finalistes pour leur travail exceptionnel !

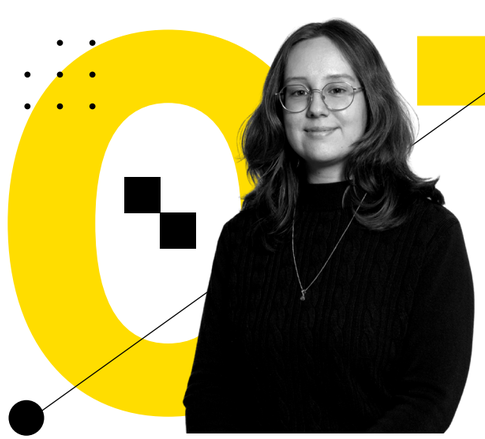


« Un neurone typique établit environ dix mille connexions avec ses neurones voisins. Compte tenu des milliards de neurones présents, cela signifie qu'il existe autant de connexions dans un seul ***centimètre cube*** de tissu cérébral qu'il y a d'étoiles dans la Voie lactée. »

— DAVID EAGLEMAN

LES MYSTÈRES DU CERVEAU ET DU COMPORTEMENT

2e prix



CATHERINE LORD

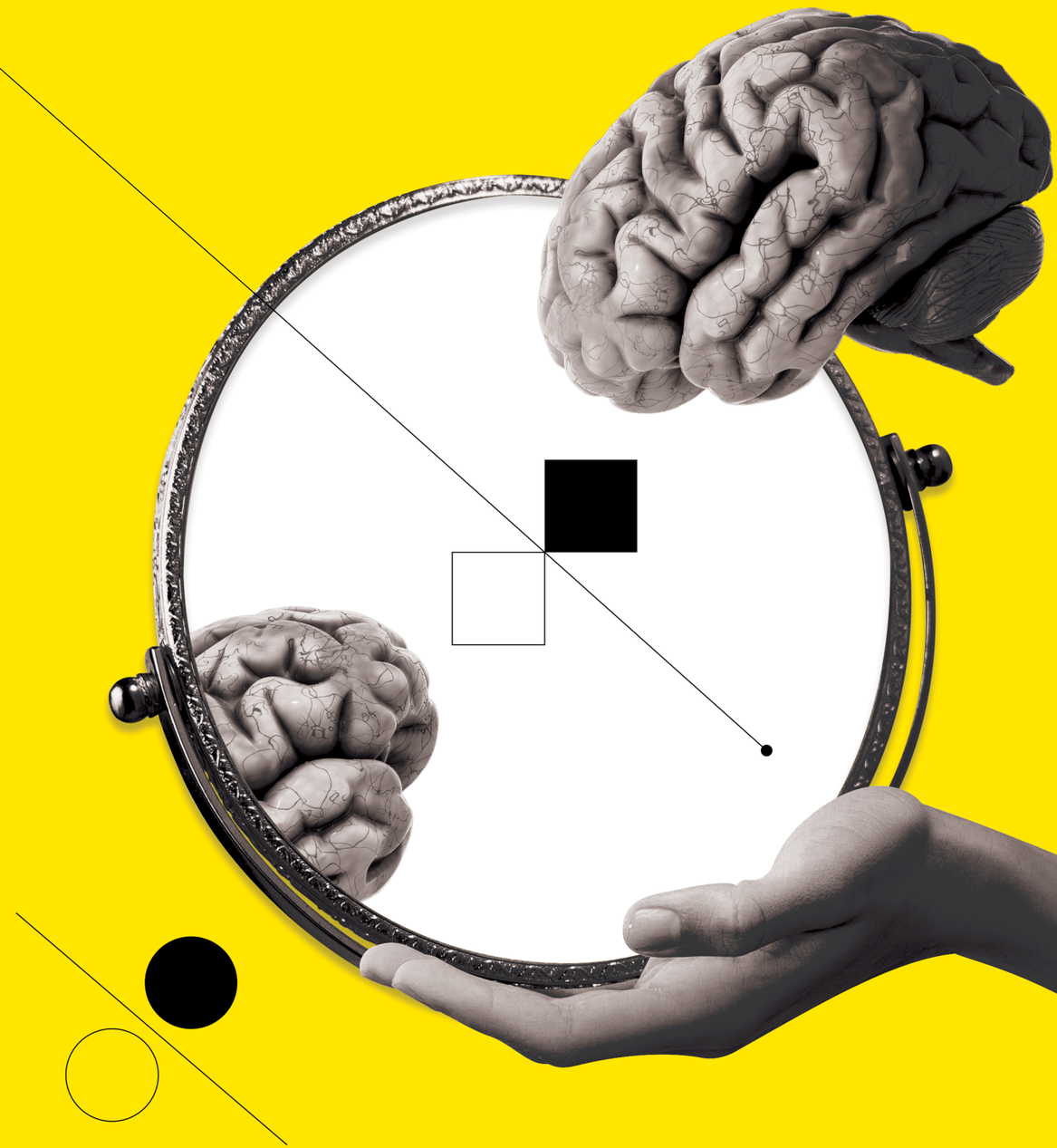
LES NEURONES MIROIRS : UN REFLET DU SUPERPOUVOIR CÉRÉBRAL

Mon parcours postsecondaire a débuté par l'obtention d'un DEC en graphisme. Après quelques années sur le marché du travail, j'ai choisi de retourner au Cégep afin de compléter les cours requis pour poursuivre mes études dans un domaine qui me passionne profondément : la psychologie. Dès l'automne 2025, j'entamerai un nouveau chapitre à l'Université de Sherbrooke, motivée par une soif d'apprendre et une curiosité toujours grandissante. Je souhaite que les connaissances acquises au cours de ces futures études me guideront vers un domaine où je pourrai venir en aide aux autres tout en continuant à alimenter la passion qui m'anime et m'incite constamment vers l'autoactualisation.

Été 1992. Dans l'Institut de physiologie humaine de la ville de Parme, en Italie, une équipe de recherche menée par Giacomo Rizzolatti observe, chez des singes, les neurones « canoniques ». Il s'agit de cellules nerveuses qui s'activent autant lorsqu'un objet est observé que lorsqu'il est attrapé. Dans une pièce, un homme prend des cacahuètes dans un bol afin de les tendre à un macaque connecté à des électrodes. Celles-ci sont placées sur le dessus de sa tête afin d'observer l'activité des neurones du cortex moteur du singe. À la grande surprise de tous, lorsque ce dernier observe l'homme plonger sa main dans le bol pour y piger quelques cacahuètes, des neurones moteurs s'y activent, comme si c'était le macaque lui-même qui avait effectué le mouvement. C'est la découverte de neurones qu'on nommera « miroirs ». Par la suite, ces neurones miroirs seront identifiées chez différents types d'oiseaux, chez le rat et même, dix ans plus tard, chez l'humain.

Les neurones miroirs, qu'est-ce que c'est ?

Pour le monde de la neuroscience, la découverte d'une cellule nerveuse comme celle-ci crée des vagues. « Je prédis que les neurones miroirs seront à la psychologie ce que l'ADN a été à la biologie » déclare même le neurologue Vilayanur Ramachandran de l'Université de Californie à San Diego. Ces cellules, qui s'activent autant lorsque l'individu effectue un mouvement que lorsqu'il observe autrui le faire, se voient tout de suite attribuer plusieurs qualités. Elles sont déclarées responsables de la reconnaissance et de l'imitation des mouvements des autres, de la compréhension de leurs intentions sous-jacentes, du ressenti de l'empathie et sont même considérées comme à l'origine du langage tel que nous le connaissons. Trois décennies plus tard, certaines de ces attributions ont été réfutées, mais les neurones miroirs n'en demeurent pas moins impressionnants.

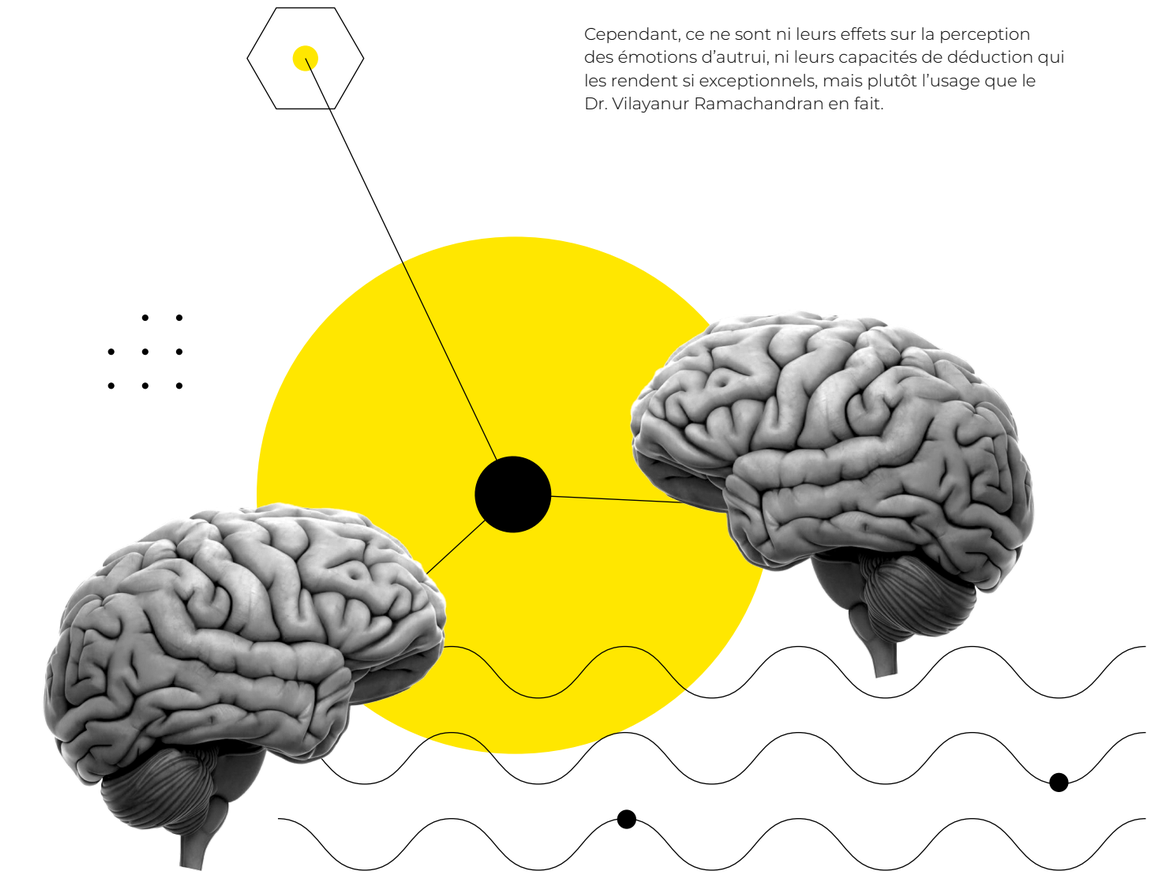


Leur découverte a été une avancée majeure dans notre compréhension du cerveau, car elle suggère que nous ne percevons pas simplement les actions des autres de manière passive, mais que nous les « vivons » dans notre propre cerveau.

Elles permettent notamment de reconnaître et d'imiter les mouvements des autres, ainsi que de comprendre l'intention derrière un geste, sans toutefois révéler la motivation profonde de celui-ci. Par exemple, si vous voyez votre ami prendre une banane, les neurones miroirs associés à ce mouvement dans votre cerveau s'activeront, vous permettant ainsi de supposer que la raison pour laquelle votre ami a pris cette banane est qu'il souhaite la manger. Cependant, cela ne vous permet pas de savoir instinctivement pourquoi votre ami a choisi de manger cette banane à ce moment précis. Peut-être était-elle en train de mûrir et devait-elle être consommée avant d'être gaspillée ? Peut-être votre ami s'ennuyait-il et avait-il envie d'une collation pour se divertir ? Peut-être avait-il tout simplement faim ? Ces cellules nerveuses, bien qu'elles aident à l'analyse du faciès, ne sont pas la cause de l'empathie, mais plutôt l'une de ses composantes. Elles agissent comme un boulon dans une machine bien plus grande, tout comme pour le langage.

Lors de leur découverte, il a été suggéré que les neurones miroirs, en permettant de décoder les mouvements des autres, auraient joué un rôle dans la création du langage en associant des mots aux gestes. Toutefois, attribuer ce phénomène uniquement aux neurones miroirs serait réducteur, car la création de la langue résulte, en réalité, d'une combinaison complexe de fonctions neurologiques et sociales.

Cependant, ce ne sont ni leurs effets sur la perception des émotions d'autrui, ni leurs capacités de déduction qui les rendent si exceptionnels, mais plutôt l'usage que le Dr. Vilayanur Ramachandran en fait.



« Si les neurones ***miroirs*** s'activent lorsque nous regardons une autre personne agir, alors la perception visuelle joue un rôle dans la création de la sensation du mouvement. »

Guérir les douleurs fantômes grâce aux neurones miroirs

Lorsqu'un membre est perdu, le cerveau continue souvent à « percevoir » sa présence, même en l'absence d'informations sensorielles provenant de celui-ci. Le cortex somatosensoriel, chargé de traiter ces stimuli, tente de renouer le contact avec le membre disparu encore et encore, ce qui peut engendrer des « sensations » et donner l'impression que le membre est toujours là. Ainsi, un amputé peut vivre avec les ressentis de sa main perdue, malgré l'absence physique de celle-ci.

Ce phénomène s'appelle « membre fantôme » ou « douleur fantôme » et peut créer des sensations d'inconfort ou même de douleur. Le Dr Ramachandran s'y penche avec intérêt.

« Environ 90 % des individus ayant subi une amputation ressentent le membre manquant comme s'il était encore présent. Dans les deux tiers des cas, cette perception prend la forme de douleurs que personne ne sait soigner : comment traiter une partie du corps qui n'existe plus ? », questionne Ramachandran. Ce qu'il propose comme solution : procéder à une deuxième amputation, cette fois au niveau cérébral, à l'aide des neurones miroirs !

« Si les neurones miroirs s'activent lorsque nous regardons une autre personne agir, alors la perception visuelle joue un rôle dans la création de la sensation du mouvement », dit le neurologue. Ainsi, il décide d'approcher les neurones miroirs avec… un vrai miroir ! Il crée donc la thérapie du miroir avec feedback visuel et utilise ce qu'il appelle une « boîte-miroir ».

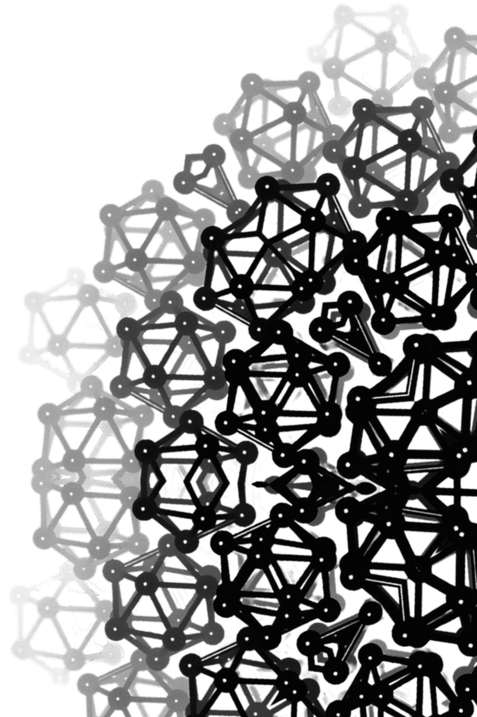
Cette boîte est conçue de manière à ce que le membre sain et le membre amputé soient placés de chaque côté d'un miroir, permettant ainsi au patient d'observer son membre sain, mais de façon inversée. Ainsi, le patient a l'illusion qu'il regarde son membre perdu tel qu'il était avant l'amputation. Il fait alors bouger le membre sain tout en l'observant à travers le miroir.

Le premier patient à utiliser la boîte-miroir, un dénommé Jimmy, avait perdu l'une de ses mains. Il disait ressentir une crispation dans son membre fantôme et avait l'impression que sa main était fermée si fortement que ses ongles s'enfonçaient dans sa paume. Ramachandran raconte qu'il a fourni comme instructions à l'homme de bouger ses deux mains en observant le miroir. Dès l'instant où Jimmy a observé sa main à travers la boîte-miroir, il a senti celle-ci se relâcher et la sensation de douleur partir !

Une étoile dans le firmament

En conclusion, la découverte des neurones miroirs, en 1992, a ouvert de nouvelles perspectives fascinantes dans le domaine des neurosciences. Ces cellules nerveuses, capables de s'activer aussi bien lors de l'exécution d'un geste que lorsqu'on l'observe, ont profondément modifié notre compréhension de l'interaction sociale et notre pouvoir de déduction. Bien qu'elles aient initialement été attribuées à des fonctions aussi complexes que la création du langage ou l'empathie, des recherches ultérieures ont nuancé ces théories, soulignant que leur rôle est important, mais s'inscrit dans un ensemble plus vaste de mécanismes neurologiques et sociaux.

Cependant, c'est l'application thérapeutique des neurones miroirs qui a véritablement marqué un tournant. Le Dr. Vilayanur Ramachandran a su exploiter leur potentiel pour traiter la douleur fantôme chez les amputés grâce à la thérapie du miroir, une approche innovante et peu coûteuse, ouvrant la voie à de nouvelles solutions pour traiter des conditions jusque-là difficiles à soigner.



02

MYA
CLOUTIER

PSYCHOPATHIE : ENTRE PHYSIQUE ET ENVIRONNEMENT, UNE ÉNIGME À DÉCRYPTER

Je suis étudiante en Sciences de la nature depuis maintenant deux ans. J'ai choisi ce programme pour en apprendre davantage sur plusieurs domaines scientifiques dont la biologie humaine qui m'a toujours passionnée. La psychologie a été aussi un sujet qui m'intéresse de plus en plus, particulièrement les aspects liés à la personnalité et à la complexité de l'esprit humain. Je n'ai pas encore fait de choix définitif concernant mon futur, mais je prends le temps de découvrir d'autres avenues et ce texte m'a permis d'explorer un domaine qui m'a toujours intéressée. La complexité de l'être humain est un vrai mystère et ce sera toujours un sujet que nous voudrons analyser pour le comprendre davantage et parce que nous voulons surtout guérir.

La psychopathie est un trouble de comportement qui affecte environ 1 % de la population, mais saviez-vous que 30 % d'entre nous possèdent un certain niveau de traits psychopathiques ? Nous avons associé ce terme aux meurtriers de ce monde ou à tous ceux qui se cachent dans la nuit et qui nous donnent des cauchemars. Ce mot est moins chargé de connotation négative lorsque nous comprenons comment de tels comportements peuvent se développer. En effet, la psychopathie serait le résultat d'un mélange de facteurs biologiques, génétiques et de traits acquis.

On pourrait prendre l'exemple d'une graine qu'on plante dans le sol. La graine en question contient un potentiel particulier qui détermine si elle donnera de bons fruits ou une plante en bonne santé. Toutefois, la graine peut être mal formée ou être un peu trop petite. C'est comme les prédispositions physiques et génétiques qui influencent la psychopathie. De plus, si cette graine est placée dans un sol pauvre, qu'elle est malmenée avec peu de soleil et d'eau et envahie de mauvaises herbes, elle pourrait pousser de manière tordue ou donner des fruits amers.

Cependant, si cette même graine est plantée dans un sol riche, bien entretenu, sans mauvaises herbes et reçoit suffisamment de soins, elle peut se développer différemment, voire ne jamais révéler son côté « amer ». De la même manière, les traits psychopathiques, même lorsqu'ils sont inscrits dans la génétique, auront plus de chance de se développer si l'environnement les nourrit avec des expériences négatives, comme les traumatismes ou la négligence.

Qu'est-ce qu'un psychopathe ?

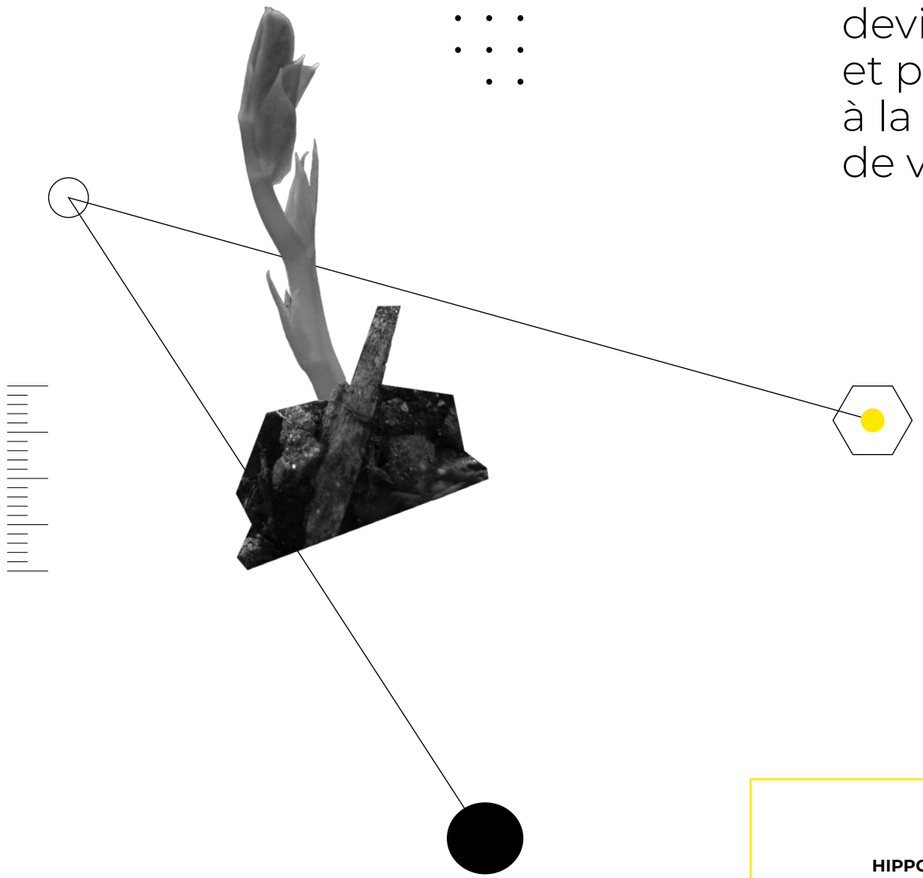
La psychopathie est un état de déséquilibre psychologique qui serait caractérisé par un ensemble de tendances dysfonctionnelles sur les plans interpersonnel et émotionnel, dans le style de vie et dans les comportements antisociaux. Les personnes psychopathes sont généralement impulsives et manipulatrices et font souvent preuve de manque d'empathie ou n'éprouvent pas de remords. On leur attribue souvent des traits de personnalité négatifs, comme le machiavélisme et le narcissisme.

Un facteur physique

Il y a la possibilité d'étudier la psychopathie en observant le cerveau, notamment, l'amygdale, une structure en forme d'amande qui se situe dans le système limbique, à côté de l'hippocampe. Le système limbique regroupe un ensemble de structures qui contribuent à des processus complexes, comme les réponses émotionnelles et la mémoire à long terme. L'amygdale est importante dans la réactivité sociale, pour le développement de l'empathie et est responsable des réactions de peur. Les personnes présentant un comportement psychopathique vont avoir une amygdale qui va se développer différemment des autres. La région en question sera plus petite ou moins active. Les enfants avec une amygdale anormale peuvent être peu craintifs et moins réactifs socialement que les enfants typiques.

L'amygdale va aussi envoyer et recevoir des informations d'autres régions du cerveau qui peuvent également être affectées, notamment des parties du cortex cérébral et les parties qui régulent les émotions et la prise de décision. C'est pour cette raison qu'un psychopathe pourrait être impulsif et pourrait présenter un manque d'empathie ou de remords.

Il n'existe pas de réel «gène de psychopathe», mais certains gènes pourraient être liés à des comportements psychopathiques. Par exemple, il existe une maladie génétique rare causée par une mutation de gène *MAOA*, un gène à l'origine d'une enzyme ayant comme fonction de dégrader les neurotransmetteurs aminés, tels que la dopamine, la noradrénaline et la sérotonine. Les neurotransmetteurs sont des substances chimiques qui sont libérées par les neurones et ils s'assurent de la transmission des messages qu'un neurone envoie à un autre ou à un autre type de cellule. La maladie, connue sous le nom de syndrome de Brunner, est causée par une mutation de ce gène qui entraîne une carence en *MAOA*. Cette carence cause un excès de transmetteurs de mono-amine qui peut ensuite provoquer un comportement impulsif excessif, notamment une hypersexualité, des troubles du sommeil et des sautes d'humeur extrêmes, ainsi qu'un comportement violent.



Le gène *MAOA* peut également avoir une variante nommée *MAO-L* qui a été associée, dans plusieurs études, à un risque accru de comportement violent et agressif. L'équipe dirigée par Andreas Meyer-Lindenberg, directeur de l'Institut central de santé mentale de Mannheim, en Allemagne, a observé les résultats d'une imagerie par résonance magnétique (IRM) structurelle et a identifié que les personnes porteuses du variant *MAO-L* étaient plus susceptibles d'avoir un système limbique, qui comprend l'hippocampe, l'amygdale, les noyaux thalamiques antérieurs et le cortex limbique, plus petit que la normale.

De plus, ils ont observé, avec des images d'une IRM fonctionnelle qui mesure les modifications du flux sanguin, que le groupe des personnes porteuses du variant *MAO-L* présentait également une hyperréactivité de l'amygdale lorsqu'elles copient des expressions faciales. Les individus possédant la variante *MAO-L* avaient donc une capacité réduite à contrôler leurs fortes impulsions émotionnelles. L'hyperréactivité de l'amygdale pourrait provoquer une hyperémotivité qui pourrait pousser quelqu'un à fuir des situations d'interaction sociale parce qu'il ressentirait une peur et de la panique.

En réalité, il faut un élément déclencheur pour que les personnes avec le variant *MAO-L* deviennent violentes. Certains facteurs de l'environnement, comme la maltraitance, doivent être présents pour déclencher les risques de violence ou de comportement antisocial, comme il faut appuyer sur le bouton marche pour mettre en action une machine.

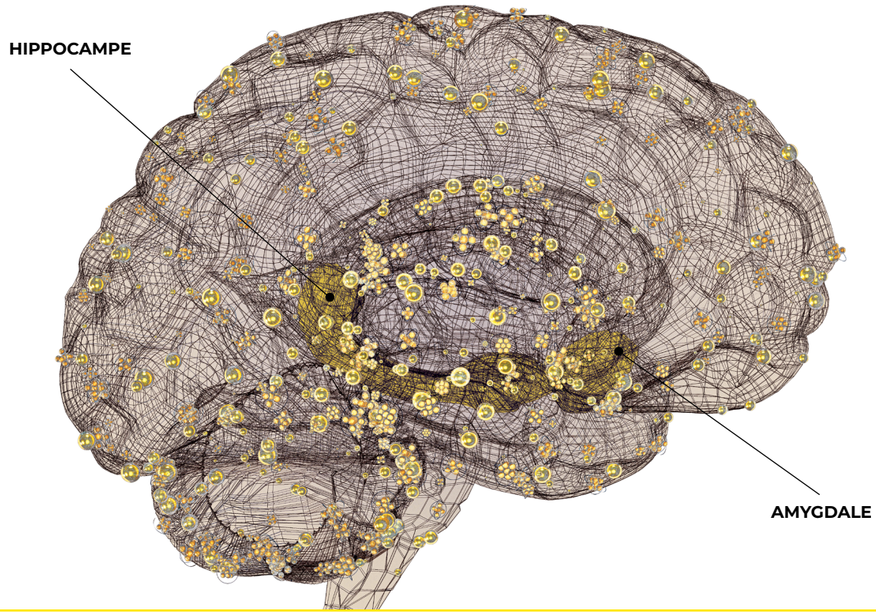
«À travers ce prisme, la ***psychopathie*** devient moins un mystère dit «terrifiant» et plus un phénomène humain complexe, à la croisée des sciences et des expériences de vie.»

L'influence du milieu

Développer une psychopathie va surtout dépendre de l'influence du milieu. Il a le pouvoir d'augmenter (ou de réduire) les risques ou même la probabilité de développer la psychopathie chez ceux qui sont à risque en raison de facteurs héréditaires. Il a été observé que la majorité des enfants présentant des traits psychopathiques ont vécu de la négligence et de la maltraitance durant leur enfance. Ils ont aussi été soumis à un haut niveau de traumatisme pouvant être lié à une certaine forme de violence ou même de l'abus sexuel. L'importance des différents facteurs biologiques, génétiques, environnementaux et sociaux dans le développement de la psychopathie est toujours un sujet de discussion. Les recherches futures nous permettront peut-être de mieux départager l'importance de tous ces éléments dans la complexité du comportement. La psychopathie n'a pas de cause unique, elle n'est pas simplement un trait inné ou acquis. Elle résulte d'une interaction complexe entre des facteurs génétiques et les expériences de vie.

Comprendre la psychopathie, c'est non seulement analyser les mécanismes biologiques, mais aussi réfléchir à l'impact du contexte social et familial. Cette connaissance est essentielle pour mieux prévenir, diagnostiquer et, éventuellement, aider à encadrer ces comportements. À travers ce prisme, la psychopathie devient moins un mystère dit «terrifiant» et plus un phénomène humain complexe, à la croisée des sciences et des expériences de vie.

Schéma simplifié de quelques structures du système limbique



Coup de coeur du public

03

ANISSA HAMANI

ÉCRANS ET ENFANTS AU-DELÀ DE LA LUMIÈRE

Je m'appelle Anissa Hamani et j'étudie en Sciences de la santé. J'ai toujours été attirée par tout ce qui touche au bien-être, autant physique que mental. C'est ce qui m'a poussée à m'intéresser à la recherche scientifique, parce que j'aime chercher à comprendre, poser des questions et trouver des réponses qui peuvent réellement faire une différence.
Je veux terminer mes études dans le domaine de la santé, parce que je me vois y consacrer ma vie. Que ce soit en explorant le fonctionnement du corps humain, ou en m'attardant aux aspects psychologiques qui influencent notre équilibre, je ressens le besoin de contribuer à quelque chose de plus grand, de concret. J'aimerais aussi que mes projets puissent toucher des réalités proches de nous, ici, au Québec, et pourquoi pas, inspirer d'autres jeunes à s'y intéresser à leur tour.

Un enfant de trois ans, hypnotisé par un écran, éclate de rire devant un dessin animé. La scène semble anodine, presque charmante. Les parents, soulagés, savourent un moment de calme. Mais derrière ce tableau familier se cache une vérité intrigante, presque dérangeante : que se passe-t-il vraiment dans ce petit cerveau en pleine construction ? Et si chaque couleur vive, chaque son, chaque seconde passée devant cet écran n'était pas simplement un jeu, mais une main invisible, modelant ses pensées, réécrivant son imaginaire, redessinant son rapport au monde ? Sommes-nous spectateurs d'une révolution silencieuse ou complices d'une métamorphose irréversible ?

C'est précisément ce qu'une étude, dirigée depuis 2022 par la doctorante Marie-Andrée Binet à l'Université de Sherbrooke, cherche à élucider : qu'est-ce que nos enfants absorbent discrètement, presque à leur insu, à travers des images et des récits qui, en apparence, semblent inoffensifs ?

Une enquête en trois actes

Pour décoder cette énigme, les chercheurs ont suivi un plan minutieux et captivant. Première étape : plonger dans le quotidien numérique de 265 familles de la Nouvelle-Écosse. Chaque minute passée devant un écran et chaque type de contenu consommé ont été scrutés avec attention, tout en tenant compte du niveau de revenu et d'éducation des parents. Ensuite, les émissions et films visionnés par les enfants ont été classés selon leur valeur éducative, prosociale ou, au contraire, leur teneur en violence ou en stéréotypes. La base de données *Common Sense Media* a été un outil crucial pour analyser cette mosaïque de contenus. Enfin, ces informations ont été reliées aux comportements des enfants : agressivité, attention, entraide… rien n'a été laissé au hasard. C'était comme ouvrir la boîte de Pandore : que cachent vraiment ces rectangles lumineux ?

Paw Patrol, un exemple concret

Prenons un exemple bien connu : *Paw Patrol*. À première vue, cette série semble inoffensive. Elle enseigne des valeurs comme l'entraide et la solidarité. Pourtant, même dans ces contenus « positifs », certains stéréotypes persistent, notamment sur les rôles genrés. Des chercheurs ont remarqué que Ryder, un garçon, est toujours en position de leader, tandis que les filles, même quand elles sont compétentes, restent souvent au second plan. De plus, les deux seuls chiots femelles, Skye et Everest, ont généralement des rôles secondaires dans les missions de sauvetage et sont parfois celles qu'il faut secourir. Ce n'est pas tout : les personnages humains de couleur, comme Carlos ou Raimundo, sont souvent limités à des stéréotypes culturels.

Carlos, par exemple, vit dans la jungle et parle avec un accent. La mairesse Goodway, doublée par une actrice afro-caribéenne canadienne, est souvent représentée comme exagérément émotive ou nerveuse. Ces choix, bien que subtils, sculptent l'imaginaire des enfants et peuvent renforcer des clichés qu'ils intégreront inconsciemment dans leur perception des genres et des cultures.

Les contenus : plus positifs que négatifs, mais pas sans risque !

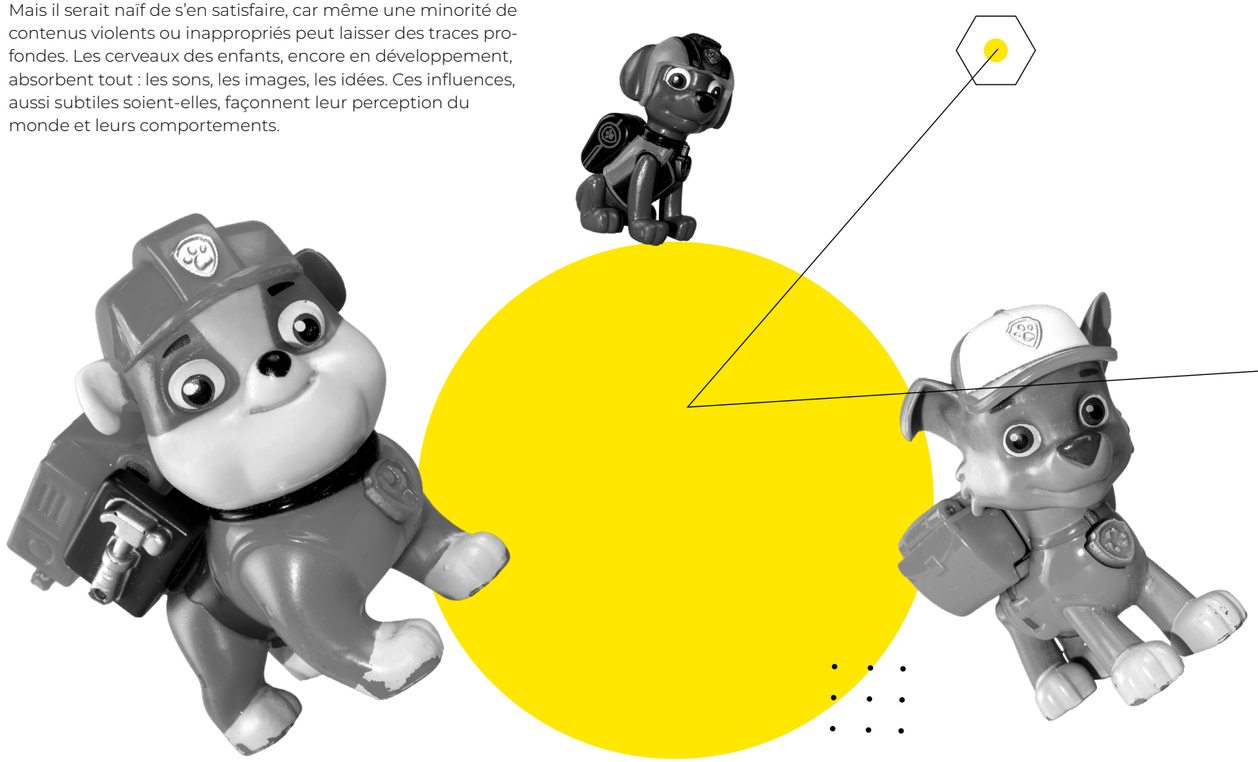
L'un des résultats marquants de l'étude est que, globalement, les enfants sont exposés à plus de contenus positifs que négatifs. Environ 70 % des émissions regardées véhiculent des messages de compassion, d'entraide ou de solidarité. Mais il serait naïf de s'en satisfaire, car même une minorité de contenus violents ou inappropriés peut laisser des traces profondes. Les cerveaux des enfants, encore en développement, absorbent tout : les sons, les images, les idées. Ces influences, aussi subtiles soient-elles, façonnent leur perception du monde et leurs comportements.

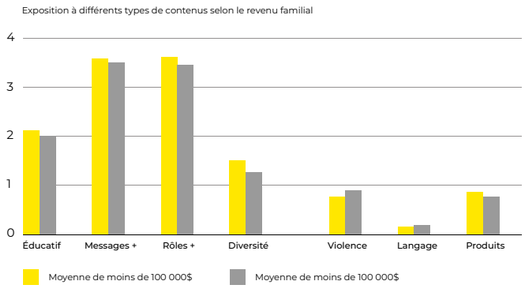
Hyperactivité et contenus stimulants

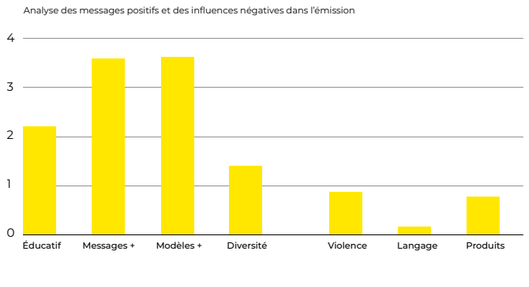
Un des constats les plus frappants concerne les enfants hyperactifs. Ces derniers sont souvent attirés par des émissions conçues pour capter l'attention grâce au rythme rapide et à la richesse en couleurs et en sons. Ces programmes, bien qu'engageants, peuvent aggraver les difficultés de concentration. Une étude de Christakis montre que la surexposition à des stimulations visuelles rapides peut altérer la capacité de concentration à long terme. Les publicités intégrées à ces contenus, souvent omniprésentes, ne font qu'exacerber le problème en rendant les produits associés plus attrayants pour les jeunes.

Violence et résolution de conflits

Chez certains enfants, particulièrement les garçons, la violence des écrans pose un défi majeur. Les scènes où les conflits sont résolus par des coups de poing ou des explosions sont fréquentes dans les dessins animés d'action. Ces messages implicites, du type « problème = bagarre », peuvent influencer la manière dont les jeunes abordent les conflits dans la vraie vie. Les filles, quant à elles, préfèrent souvent des contenus plus coopératifs et moins violents, mais elles ne sont pas à l'abri des stéréotypes. Par exemple, les personnages féminins, dans les dessins animés, sont souvent cantonnés à des rôles passifs ou de soutien.







L'impact des inégalités socio-économiques

Un autre aspect fascinant de cette recherche concerne les disparités socio-économiques. Les enfants issus de familles à faible revenu sont souvent exposés à des programmes mettant en avant la diversité et l'inclusion. À l'inverse, les enfants de familles aisées, malgré un accès privilégié à des contenus éducatifs, voient moins de personnages issus de minorités. Ce constat soulève une question cruciale : comment garantir que tous les enfants, indépendamment de leur milieu, aient accès à une représentation équilibrée et diversifiée ?

Les différences de genre dans les contenus et les comportements

Les résultats montrent également des écarts intrigants dans les corrélations entre le comportement et les écrans chez les filles et les garçons. Pour les garçons, les contenus violents étaient associés à un comportement plus agressif. Une exposition à ce type de contenus pourrait entraîner une tolérance accrue à la violence. À l'inverse, chez les filles, c'est l'exposition à des contenus éducatifs qui était associée à un comportement plus agressif. Ce paradoxe pourrait s'expliquer par le fait que, socialement, les comportements agressifs sont perçus comme étant plus loin de la norme chez les filles. Il est possible que les parents adoptent des stratégies pour encourager leur fille à adopter davantage de comportements d'entraide ou de générosité, par exemple avec des émissions plus éducatives.

« Ces influences, aussi subtiles soient-elles, façonnent leur ***perception*** du monde et leurs comportements. »

Réflexions finales : ce que nous devons retenir

Les écrans, ces compagnons lumineux, ne se contentent pas de distraire les enfants : ils sculptent leur esprit, brique par brique, qu'on le veuille ou non. Ce sont des miroirs numériques qui reflètent parfois nos valeurs les plus nobles, parfois nos côtés sombres les plus inquiétants. Ils sont bien plus que de simples distractions : ce sont des forges où se façonnent les citoyens de demain. Mais, entre le super-héros bagarreur et les dessins animés édulcorés, il reste un vaste champ d'exploration, un véritable cube Rubik de comportements et d'influences. Les futures études devront plonger dans les méandres de ces rectangles lumineux pour démêler leurs impacts. En tant que parents, éducateurs et citoyens, nous devons rester critiques. Après tout, comprendre les écrans, c'est anticiper les coups pour que nos petits stratèges ne deviennent pas seulement les rois et reines des bêtises numériques, mais surtout les acteurs éclairés d'un monde en perpétuelle évolution. Et si l'avenir appartenait à ceux qui apprivoisent la lumière ?

« Tu ne sais jamais à quel point ***tu es fort*** jusqu'au jour où être fort devient ta seule option. »

— BOB MARLEY

LA LUTTE CONTRE LE CANCER

2

04

YANIS
ALLILI

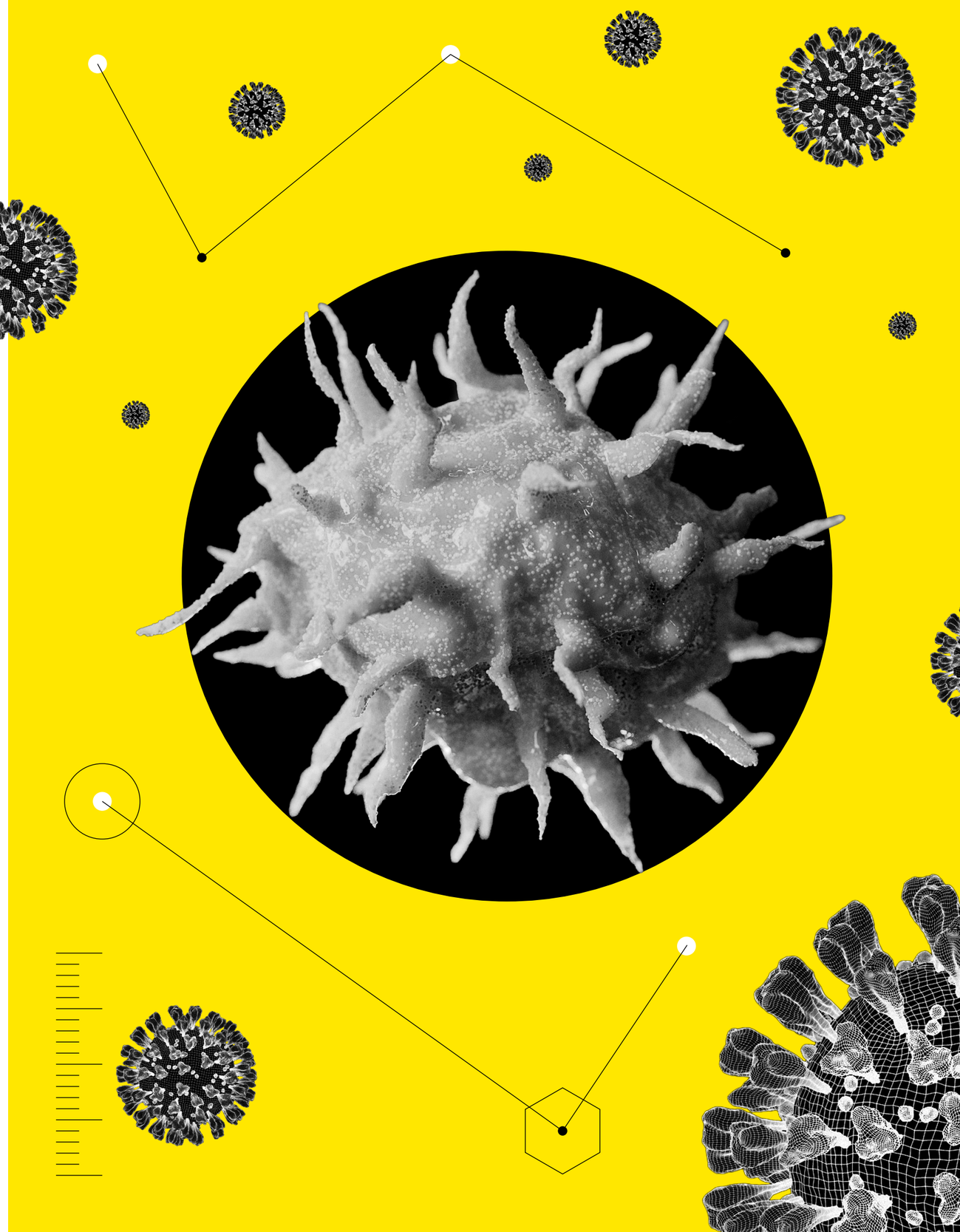
DES VIRUS SAUVEURS : L'ALLIANCE INATTENDUE CONTRE LES TUMEURS

Je suis étudiant en Sciences de la nature et je m'intéresse beaucoup à la médecine et à l'ingénierie. Ce sont des domaines qui me passionnent et dans lesquels j'aimerais poursuivre mes études après le cégep. La médecine, tout comme l'ingénierie, permet de trouver des solutions concrètes à plusieurs enjeux importants dans notre société. C'est pourquoi j'aimerais m'engager dans un projet de recherche motivant, lié à l'innovation scientifique. Que ce soit en lien avec la santé ou la technologie, je souhaite contribuer à des projets utiles pour le monde. J'ai aussi envie d'en apprendre plus pour mieux choisir mon avenir, et peut-être donner le goût à d'autres de s'y intéresser aussi.

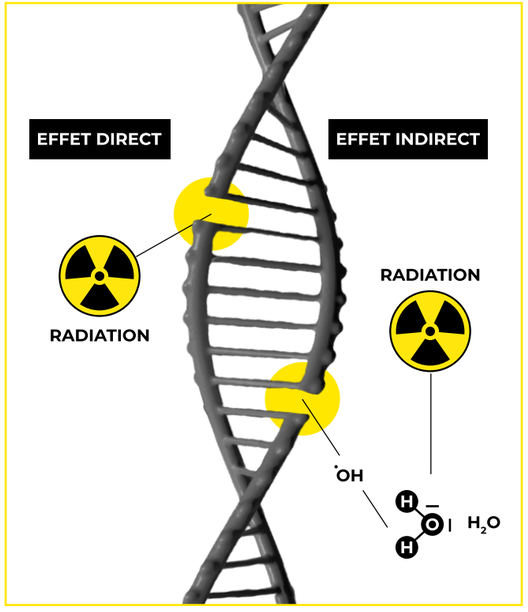
Le cancer est l'une des principales causes de décès, au Canada et dans le monde. Selon les statistiques canadiennes sur le cancer, près de 43 % des Canadiennes et 45 % des Canadiens recevront un diagnostic de cancer au cours de leur vie. Le combat contre cette maladie a débuté il y a plus d'un siècle. Le matin du 4 juillet 1896, Victor Despeignes réalisait à Lyon la première tentative de radiothérapie. Préoccupé par l'état de santé de son voisin souffrant d'un cancer de l'estomac, il décida de tester l'effet des rayons X. Bien que ce voisin soit décédé seulement vingt jours plus tard, une réduction significative de la tumeur a été observée au cours du traitement. Cette première expérience a marqué un tournant dans le développement des traitements du cancer par radiothérapie.

Une maladie omniprésente

Souvent décrite comme une maladie vicieuse, le cancer se manifeste sous la forme de tumeurs qui peuvent apparaître à tout moment et chez n'importe qui. Notre corps est constitué de milliers de milliards de cellules. Chacune d'entre elles possède une fonction précise dictée par son code génétique. Les cellules suivent un cycle de vie rigoureusement contrôlé et les anomalies qui s'y produisent sont corrigées ou éliminées par un processus appelé apoptose, ou mort cellulaire programmée. Lorsque ce mécanisme échoue, une cellule peut échapper à l'apoptose, continuer à se diviser de manière incontrôlée et former une tumeur. Ces cellules perturbent l'organisme et peuvent endommager le fonctionnement des organes vitaux. La radiothérapie, une méthode courante, vise à détruire l'ADN des cellules cancéreuses à l'aide de rayonnement ionisant. Cependant, bien qu'elle ait permis des progrès, elle a ses défauts. En effet, elle ne fait pas la différence entre les cellules saines et cancéreuses. Ainsi, selon le type de tumeur et sa localisation, il s'avère difficile de la cibler et de l'éliminer sans endommager les tissus environnants. Enfin, certaines cellules cancéreuses peuvent développer une résistance aux rayonnements, rendant le traitement inefficace. Cela met en lumière la nécessité de méthodes plus ciblées et moins invasives.



Effets directs et indirects des rayonnements

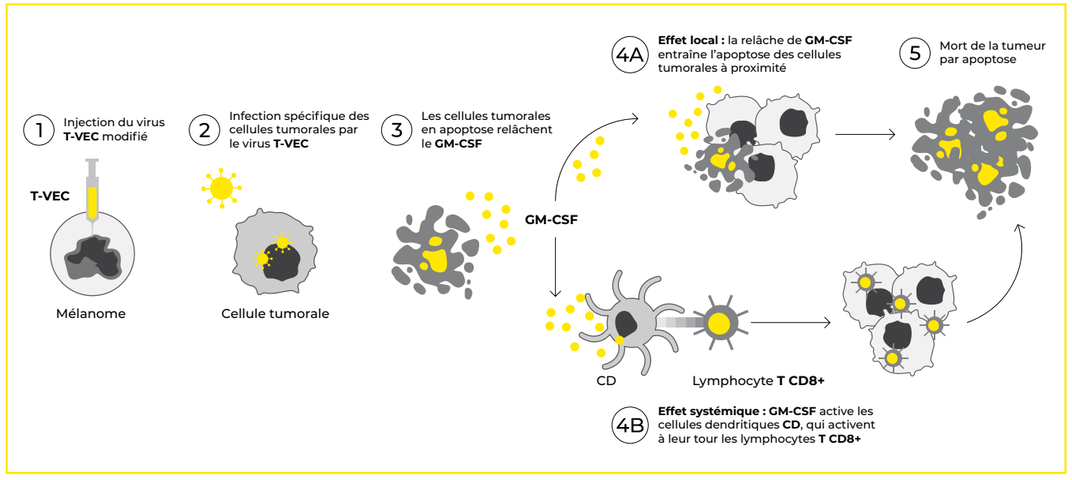


Une solution innovatrice : les virus oncolytiques et l'immunothérapie

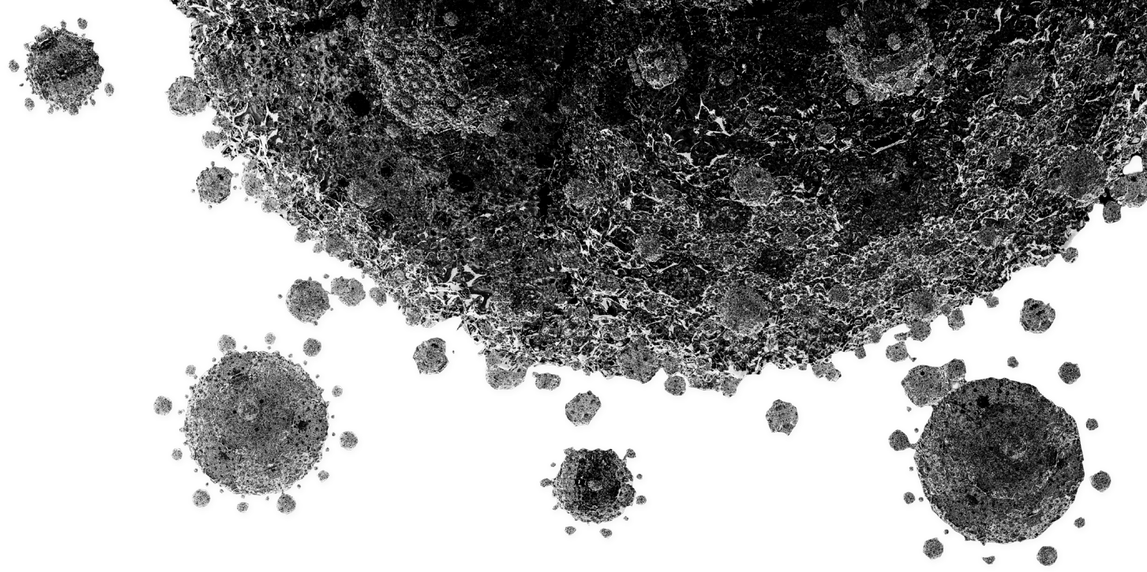
Parmi les approches prometteuses, l'utilisation de virus oncolytiques combinée à l'immunothérapie se distingue. Cette nouvelle thérapie exploite le système immunitaire et les virus pour détecter et éliminer les cellules cancéreuses en épargnant les cellules saines. Les virus oncolytiques sont modifiés génétiquement pour transporter des molécules thérapeutiques qui stimulent les mécanismes immunitaires du patient.

Ce faisant, ils permettent de détruire les cellules cancéreuses en ciblant beaucoup mieux les tumeurs, ce qui augmente significativement les chances de survie des patients. Cette approche permet à ces virus d'être modifiés selon le type de cancer qu'ils doivent attaquer. Une fois à l'intérieur d'une cellule tumorale, le virus se multiplie, causant sa destruction. Ce processus, appelé lyse tumorale, libère également des antigènes spécifiques à la tumeur qui activent le système immunitaire du patient. En réponse, les lymphocytes T (cellules immunitaires) sont mobilisés pour identifier et attaquer d'autres cellules cancéreuses.

Un virus oncolytique en action et la stimulation d'un lymphocyte



Ces virus peuvent être combinés avec des thérapies existantes pour accélérer le processus, comme un catalyseur. Enfin, ces virus peuvent être modifiés aussi pour transporter des substances thérapeutiques qui stimulent l'immunité. Cela permet d'augmenter l'efficacité des traitements tout en limitant les effets secondaires.



« Une alliance inattendue qui porte un immense ***espoir*** pour un avenir où le cancer pourrait ne plus être une fatalité. »

La solution *prime-boost*

Une équipe de recherche, dirigée par le Dr. Dominic Roy, a perfectionné une technique de pointe appelée *prime-boost*. Cette méthode consiste à administrer deux virus oncolytiques différents, chacun jouant un rôle spécifique dans la stimulation du système immunitaire. Le premier virus, l'Adénovirus-Ova (Ad-Ova), prépare le système immunitaire en l'exposant à des fragments de tumeur. Ils sont appelés antigènes tumoraux et sont nécessaires pour activer une réponse immunitaire. Le deuxième virus, le Maraba Virus (MRB), vient renforcer la réponse du système immunitaire en stimulant les lymphocytes T CD8. Ce sont des cellules immunitaires qui éliminent les cellules cancéreuses. Ces virus permettent l'expression de molécules qui correspondent aux antigènes de la tumeur. Ces molécules permettent de guider précisément la réponse immunitaire vers les cellules cancéreuses en épargnant les cellules saines. Des essais précliniques sur des souris atteintes de tumeurs ont démontré une bonne efficacité de la méthode *prime-boost*. Effectivement, 30 % des souris traitées par cette méthode ont été guéries, alors que les virus administrés seuls n'ont eu aucun effet notable. Les chercheurs ont découvert que la méthode génère une immunité de longue durée. Cela signifie que le système immunitaire est capable de reconnaitre et d'éliminer les cellules cancéreuses en cas de récidive, donc de développer une protection à long terme contre le cancer. L'approche *prime-boost* pourrait représenter une avancée majeure en immunothérapie, en combinant des virus capables d'éliminer les tumeurs et de renforcer le système immunitaire du corps.

Un potentiel révolutionnaire

De la première radiothérapie menée par Victor Despeignes en 1896 à Lyon aux virus oncolytiques d'aujourd'hui, le combat contre le cancer a traversé plus d'un siècle de progrès. Ce chemin a transformé les virus, autrefois perçus comme des ennemis, en alliés capables de cibler et détruire les cellules cancéreuses tout en stimulant le système immunitaire. Bien qu'elle soit encore en développement, cette thérapie ouvre la voie à des traitements plus précis et moins invasifs. Il s'agit d'une alliance inattendue qui amène un immense espoir pour un avenir où le cancer pourrait ne plus être une fatalité.

1er prix

05

DAMYA
NAIT ABBOU

OÙ EST CHARLIE ? À LA RECHERCHE DU GLIOBLASTOME CACHÉ

Je suis étudiante en Sciences de la nature et je possède un fort intérêt pour tout ce qui se rapporte à la santé. C'est notamment dans un programme touchant ce domaine que je souhaite poursuivre mes études après ma sortie du cégep. En effet, certaines particularités du corps humain demeurent un mystère à ce jour et c'est à notre avantage de mieux les comprendre afin de faire progresser la médecine. C'est pourquoi je souhaite mettre en lumière une recherche menée à Sherbrooke et portant sur ce sujet moins connu, afin de susciter l'intérêt d'autres personnes à leur tour.

Imaginez que, lors d'un simple contrôle de routine, votre médecin vous annonce que vous êtes atteints du glioblastome, une tumeur cérébrale. Avec une grande délicatesse, il vous apprend que seulement 7 % des patients survivent au-delà de cinq ans. Votre esprit s'emballe. Existe-t-il d'autres options thérapeutiques pour combattre cette maladie aussi redoutable qu'inattendue ? Des recherches existent, mais elles ne permettent pas de tirer des conclusions définitives concernant un remède pour cette pathologie. Toutefois, une lueur d'espoir commence à émerger grâce à une avancée scientifique prometteuse : un hydrogel contenant des molécules chimio-attractantes.

Depuis 2005, un traitement standard est prodigué à l'ensemble des patients atteints du glioblastome, peu importe où l'on se trouve sur le globe. Ce traitement de première ligne consiste en une chirurgie dont l'objectif est de retirer le maximum de cellules tumorales sans causer de dommage aux tissus sains. Habituellement, la chimiothérapie et la radiothérapie accompagnent cette intervention. En cas d'échec, ce qui est souvent le cas pour le glioblastome, des traitements de deuxième ou de troisième ligne peuvent être envisagés et adaptés pour chaque patient. Malgré une démarche si rigoureuse, qu'est-ce qui explique un taux de survie si faible ? Comment pouvons-nous y remédier ? Une équipe de recherche de l'Université de Sherbrooke s'est penchée sur ces questions afin de proposer une meilleure solution.

Qu'est-ce que le glioblastome ?

Le glioblastome, une tumeur cérébrale extrêmement agressive, touche 1500 Canadiens annuellement. Elle se forme dans le cerveau, le plus souvent au niveau des astrocytes, soit les cellules entourant et protégeant les neurones. Son centre nécrosé, se trouvant au cœur de la tumeur, contient uniquement des cellules mortes, tandis que les zones périphériques montrent un amalgame de cellules saines et tumorales.

Au cœur du glioblastome

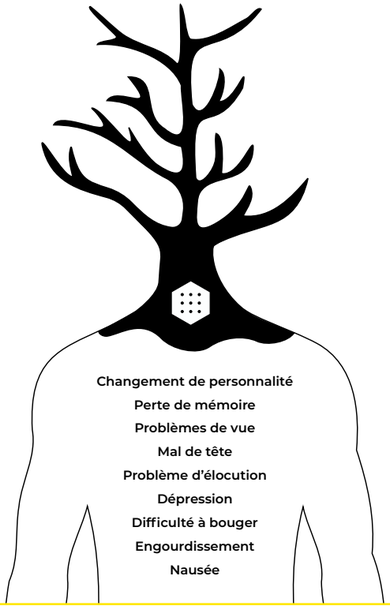
Imaginez un jardin bien entretenu où les fleurs représentent les cellules cérébrales saines. Le glioblastome agit comme une mauvaise herbe très agressive qui pousse soudainement, étouffant les autres plantes et se propageant rapidement dans le jardin. C'est la capacité à bien se propager qui fait du glioblastome une maladie si coriace.

En plus du pronostic défavorable, les personnes atteintes du glioblastome verront leur qualité de vie diminuer significativement. En réalité, les rares « chanceux » qui arriveront à survivre un peu plus longtemps seront affligés par des nausées, des maux de tête, un niveau de conscience diminué, une faiblesse corporelle et ainsi qu'une panoplie d'autres symptômes pénibles.

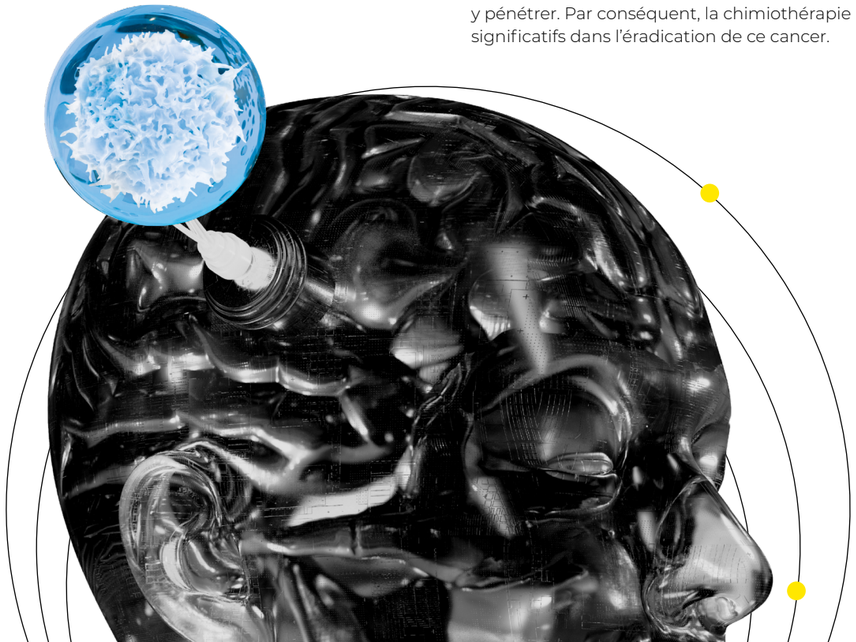
Traitement du glioblastome : défis et obstacles

Voici la question à un million de dollars : quelles sont les particularités du glioblastome faisant en sorte qu'il demeure incurable ? Dans la tumeur, des cellules saines s'entremêlent aux cellules nocives à la limite de la tumeur. Il s'agit d'un mélange impossible à voir à l'œil nu, ce qui rend la tâche encore plus difficile pour le chirurgien. Les cellules cancéreuse périphériques expriment certains gènes leur permettant de se séparer de la tumeur principale afin d'aller infiltrer les tissus sains. Elles sont même en mesure de se rendre au second hémisphère cérébral pour créer une autre tumeur. Lors de la chirurgie, parvenir à retirer plus de 95 % des cellules tumorales représente un exploit, compte tenu de la complexité de l'opération. Cependant, même avec un tel résultat, s'il reste plus de 5 % de cellules cancéreuses dans le corps, cela suffit pour que la tumeur finisse par réapparaître.

Symptômes liés au glioblastome



De plus, la chimiothérapie s'accompagne de certains problèmes. Ce traitement, souvent administré par voie intraveineuse, permet au médicament de circuler dans tout l'organisme. Cependant, lorsqu'elles atteignent le cerveau, les molécules de chimiothérapie doivent franchir la barrière hématoencéphalique, ce qui est difficile en raison de sa perméabilité très sélective. Cette barrière empêche la plupart de ces agents d'atteindre les cellules tumorales. Or, pour détruire une cellule cancéreuse, le médicament doit pouvoir y pénétrer. Par conséquent, la chimiothérapie n'a pas d'effets significatifs dans l'éradication de ce cancer.

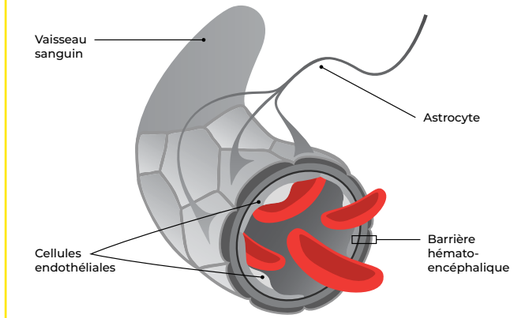


Qu'est-ce qu'une barrière hématoencéphalique ?

La barrière hématoencéphalique protège le cerveau en contrôlant les échanges entre le sang et le système nerveux central, empêchant les substances nuisibles d'y pénétrer.

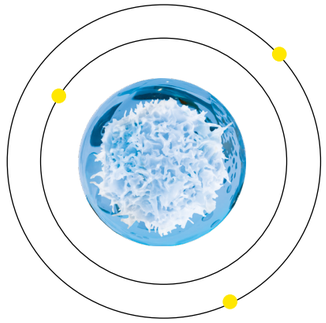
La radiothérapie sert généralement à traiter le glioblastome. Le problème principal découle du fait que les rayons utilisés ne discriminent pas les cellules cancéreuses et les cellules saines. Ils irradient tout sur leur passage, endommageant des parties saines du cerveau et affectant ses fonctions importantes. Pour limiter ces effets, le rayonnement cible une petite zone autour de la tumeur, mais sa puissance diminue avec la distance, réduisant son efficacité sur les cellules tumorales éloignées.

La barrière hématoencéphalique dans le cerveau



L'hydrogel, une nouvelle arme contre la maladie

Le projet de recherche de Laurence Déry, doctorante en Sciences des radiations et imagerie biomédicale dans les laboratoires du Dr David Fortin à l'Université de Sherbrooke, vise à éliminer les cellules tumorales résistantes aux traitements classiques comme la chirurgie, la chimiothérapie et la radiothérapie. Il se concentre sur l'utilisation d'un hydrogel innovant.



Volet 1 : utilisation d'un hydrogel avec des molécules chimio-attractantes

Après avoir retiré autant de cellules tumorales que possible, le chirurgien injecte un hydrogel dans la cavité laissée par la tumeur. Cet hydrogel, qui s'adapte à la forme de la cavité, contient des molécules chimio-attractantes, une nouveauté dans ce type de traitement. Ces molécules sont utilisées pour attirer les cellules tumorales restantes dans le tissu sain environnant, où elles pourront être éliminées par la chimiothérapie et la radiothérapie contenues dans le gel. Les molécules chimio-attractantes, sécrétées par les cellules tumorales, les incitent à se regrouper et à envahir les tissus sains. L'idée du projet est d'utiliser cette capacité à attirer les cellules afin de les regrouper autour de la cavité principale, facilitant ainsi leur destruction. Agissant comme un aimant, le gel chimio-attractant permet de concentrer les cellules tumorales dans une zone spécifique, où les doses de traitement peuvent être plus efficaces.

Volet 2 : la chimiothérapie dans l'hydrogel

Dans ce volet, Laurence Déry a cherché à imiter les conditions cliniques réelles. Ainsi, cette dernière retire une partie de la tumeur chez des rats, puis elle introduit un hydrogel contenant deux types de chimiothérapie directement dans la cavité tumorale. Alors qu'une chirurgie seule permettait aux rats de survivre environ 26 jours, l'ajout de la chimiothérapie a augmenté la durée de survie médiane à environ 50 jours.

Volet 3 : radiothérapie

L'équipe de recherche se trouve actuellement dans la phase d'expérimentation avec la radiothérapie. En combinaison avec l'hydrogel, le traitement complet a été essayé. Bien que des questions restent à résoudre, les premiers tests se sont avérés prometteurs. Ce modèle expérimental chez le rat, bien qu'il ne reproduise pas parfaitement le glioblastome humain, donne une idée claire du potentiel de ce traitement.

Cap sur l'avenir !

Dans l'année à suivre, la doctorante et son équipe espèrent obtenir des résultats finaux sur l'efficacité combinée du traitement chez les rats avant de passer à des tests sur des modèles animaux plus grands. Si les résultats sont concluants, les essais cliniques humains pourraient potentiellement commencer d'ici cinq ans, ouvrant la voie à une nouvelle approche pour traiter le glioblastome.

ARIANE CLOUTIER

OLIVIER ROBIN

SCIENCE ET PSEUDO-SCIENCE : EST-CE QUE LES CHOSES ONT VRAIMENT CHANGÉ ?

Ariane sourit sans s'en rendre compte : en dessinant, en dénichant des petits trésors à la friperie. L'image est son terrain de jeu préféré — elle s'amuse avec les formes, les concepts, pour raconter ses histoires décalées avec humour et poésie.

Pendant ses études en design graphique à l'UQAM (2018), elle s'est orientée naturellement vers l'illustration. Puis, un mentorat offert par les Éditions Front Froid (2020) l'a encouragée à poursuivre vers la bande dessinée. En 2023, ses fanzines « Montréal-Gaspé » et « It'll be alright » (« Apocalypse ») sont doublement sélectionnés aux 24e prix Bédélys, respectivement dans les catégories « Indépendant francophone » et « Indépendant anglophone ». L'illustratrice plonge ensuite dans le merveilleux monde de la vulgarisation scientifique avec sa participation à la 2ème édition de l'exposition « Chercheuses en BD » produite par le Festival BD de Montréal (2023). Cette année, le lectorat découvre ses images dans deux nouveaux albums illustrés (Édition Les 400 coups, Éditions de La Grenouillère).

Olivier est spécialiste de l'acoustique et des vibrations et professeur adjoint au sein du département de génie mécanique de l'Université de Sherbrooke (UdeS) depuis septembre 2021. Il est passionné de bande dessinée.

Depuis 2018, il a lancé plusieurs initiatives concernant la vulgarisation en BD (Création d'un cours de vulgarisation scientifique par la BD - coédition de « Dessine Ta Science / Draw Your Science », un recueil bilingue de 188 pages sur la recherche menée à l'UdeS – édition du recueil « Fantastique acoustique » en 2024). Il est également le scénariste de courtes BD de vulgarisation, et de « Tuer Le Peintre », qui a remporté le prix Bédélys édition Indépendant Francophone en 2022 (version autoéditée) et le prix Réal-Fillion du festival Québec BD en 2024 (éditions Moelle Graphik). Il publie en 2025 « Parkinson ? » avec Blanche et Marina Léon (éditions Moelle Graphik), une BD qui veut sensibiliser le grand public à la maladie tout en s'éloignant des ouvrages scientifiques et en adoptant un langage visuel accessible et évocateur.

Dans un PROCESSUS SCIENTIFIQUE, le travail est vérifié par des personnes spécialistes.

Celles-ci voient à ce que les résultats soient validés, et pas ALÉATOIRES. Les personnes à l'origine du travail doivent démontrer leur sérieux, et ajouter les détails manquants pour assurer la qualité et la reproductibilité des résultats.

Mais... Cela prend combien de temps?!

BEAUCOUP!

La SCIENCE vise à vérifier consciencieusement des faits, des chiffres et, avant tout, à créer du savoir... pas de L'ARGENT!

Par contre, les RÉSULTATS de la recherche peuvent être utilisés pour créer des outils, des médicaments, des entreprises, des emplois, etc.

La PSEUDO-SCIENCE cherche souvent un effet «wow». C'est un premier indice pour la détecter.

Elle propose une théorie, et elle veut convaincre qu'elle est VRAIE sans la soumettre à l'expérience...

La PSEUDO-SCIENCE n'accepte pas la validation: elle va plutôt attaquer les personnes qui veulent la remettre en cause.

Je comprends la différence...

Mais à qui est-ce que cela fait du tort, finalement...?

Oh...Les impacts sont plus importants qu'on pourrait le penser!

Se baser sur des données erronées ou non validées comporte des risques...

SSS

Avez-vous essayé le venin de vipère pour vos articulations?

L'urine pour vos maux de dents?

En plus, c'est vraiment contre-productif:

Il suffit d'une seule étude mal réalisée pour jeter le doute sur des dizaines d'autres...

Et regagner la confiance prend du temps. Comme la loi de Brandolini l'indique, la quantité d'énergie nécessaire pour réfuter des conneries est très supérieure à celle nécessaire pour les produire!

Pour la mnémotechnique: je vous laisse avec cette chanson inspirée de l'air du «Pudding à l'arsenic» que vous aimez tant!

Une bonne soupe de pseudo-science,

ça prend très peu de méfiance –

des idées mises bout à bout...

On vous d'mande d'y croire, c'est TOUT!

Quand je fais ma soupe de science,

j'y mets beaucoup de patience –

est-ce que l'résultat est bon...

Tous ensemble, nous VÉ-RI-FIONS!

illustrations: Ariane Cloutier
texte: Olivier Robin

« Étudie la nature, aime la nature, reste proche de la nature. Elle ne te ***décevra jamais.*** »

— FRANK LLOYD WRIGHT

PIÈCES DE RECHANGE ET PETITES BÊTES BIEN UTILES

3

THOMAS GAUVIN

DE LA FICTION À LA RÉALITÉ, GRÂCE À L'INGÉNIERIE TISSULAIRE

Je suis étudiant en Sciences de la nature au cégep de Sherbrooke. Je m'apprête à poursuivre mes études en génie électrique à l'Université de Sherbrooke, à l'automne prochain. La science et la technologie m'ont toujours fortement intéressé, c'est pourquoi j'ai choisi d'effectuer ma recherche sur l'ingénierie tissulaire et à la médecine régénérative, un sujet qui allie parfaitement ces deux domaines. Croisement parfait entre les sciences médicales, l'ingénierie tissulaire représente une avenue prometteuse pour améliorer la qualité de vie de nombreuses personnes. En parlant un peu plus de cette thématique, j'espère motiver d'autres étudiants à s'intéresser à des domaines peu connus, mais qui peuvent réellement faire avancer la science de demain.

En 2019, à Bromont, Marc St-Laurent, 64 ans, quelques heures après une bonne vieille partie de tennis à l'extérieur, reçoit un diagnostic qui changera sa vie à jamais : la sclérose latérale amyotrophique. Quelques mois plus tard, voyant son état se détériorer, Marc prendra la décision de demander l'aide médicale à mourir.

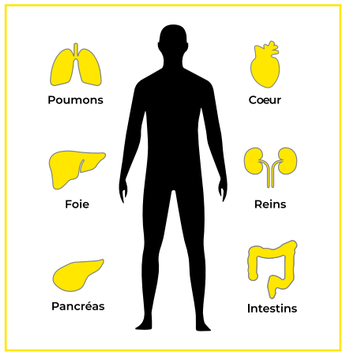
Du gaspillage organique

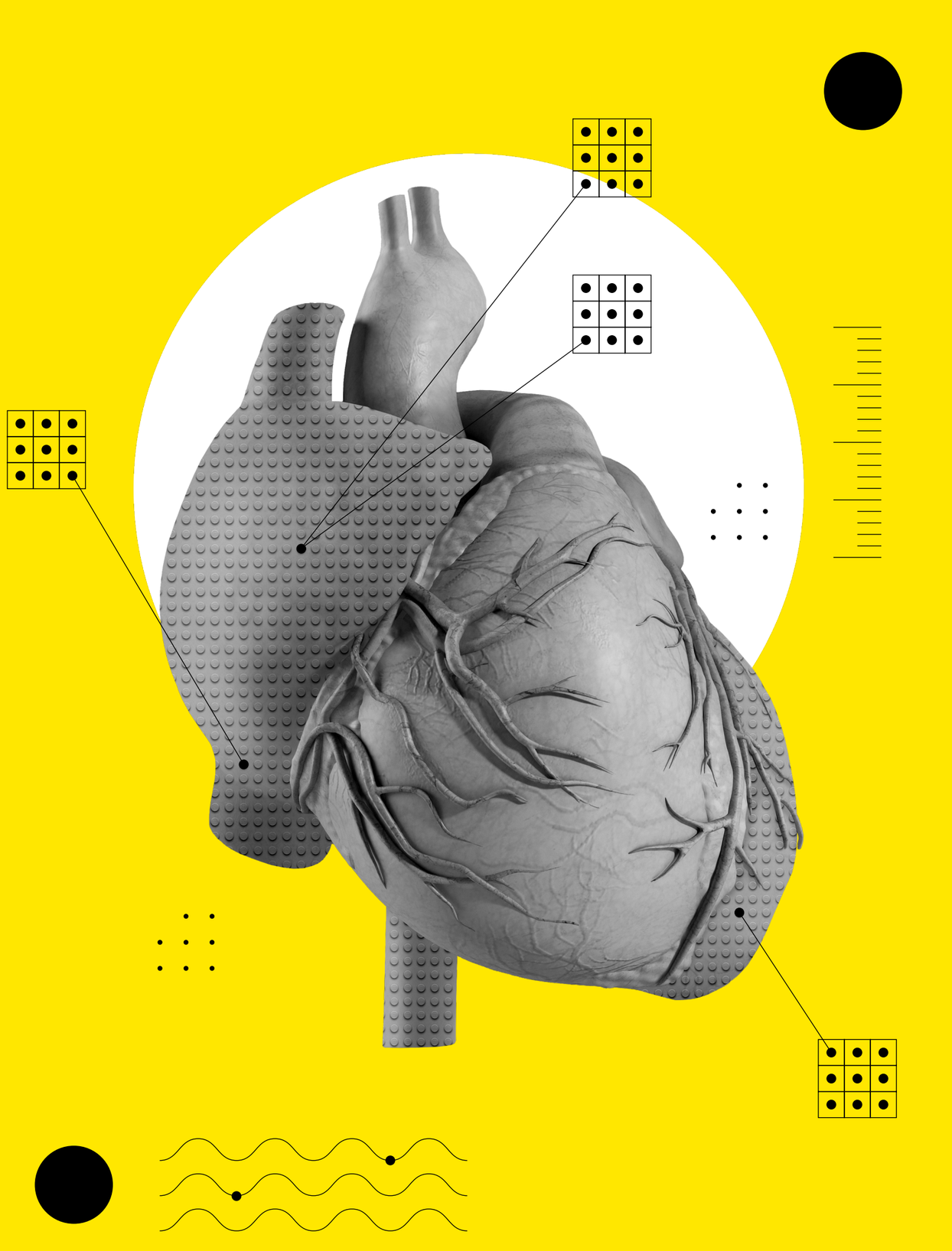
Malgré la tristesse et la colère, Marc se console avec l'idée que ses organes pourront aider certaines personnes à vivre plus longtemps. Malheureusement, en raison de plusieurs enjeux, seuls son foie et ses reins pourront être préservés, laissant de côté des poumons en parfaite santé. Hélas, cette situation n'est pas un cas unique. Chaque année, au Québec, malgré une forte demande de dons d'organes, beaucoup trop sont gaspillés et ne peuvent être transplantés à des personnes qui en ont grandement besoin.

Un problème persistant

En 2024, seulement 10 % des patients ayant besoin d'une greffe réussissent à en obtenir une. En effet, cette procédure extrêmement complexe doit surmonter plusieurs obstacles. Par exemple, une trop grande distance entre le donneur et le receveur, rendant le délai de la greffe impossible, le temps d'attente trop long entrainant la mort du malade, ou encore une incompatibilité génétique entre le receveur et le donneur rendant la transplantation irréalisable.

Quelques organes pouvant être transplantés





« (...) la ***fabrication*** d'organes n'est plus un concept seulement réservé aux films. »

Une solution innovante

Matthew Adams, étudiant au doctorat en génie biotechnologique à l'Université de Sherbrooke, a combiné l'ingénierie tissulaire et la médecine régénérative pour créer une toute nouvelle technique. Celle-ci vise à réparer ou à remplacer des organes ou d'autres parties du corps afin de prolonger et d'améliorer la vie des patients dans le besoin. Cette technique aux allures futuristes s'avère être la solution à plusieurs des problèmes qu'engendre la greffe d'organe.

Tout d'abord, les cellules

Contrairement à la greffe d'organe classique, cette technique ne nécessite pas de donneur externe. En effet, cette stratégie consiste à prélever des cellules souches de la personne blessée ou malade pour ensuite créer en laboratoire un nouvel organe ou tissu afin de le transplanter au patient. Ce procédé, peu connu du grand public, viendrait résoudre plusieurs problèmes actuels. D'abord, ce procédé permettrait de pallier le manque d'organes en les créant entièrement selon le besoin de chaque individu. Ensuite, en utilisant directement les cellules du patient, le problème d'incompatibilité serait résolu, car le nouvel organe contiendrait l'ADN de la personne malade, et ne pourrait pas être rejeté.

Pas si simple que ça !

Cette solution peut sembler parfaite au premier coup d'œil, mais elle entraîne aussi quelques problèmes. Créer un organe en santé de A à Z ne se fait pas en un claquement de doigts. Pour l'instant, la science est seulement en mesure de recréer des tissus de quelques micromètres d'épaisseur et la durée de vie de ceux-ci est très courte. Nous sommes encore loin du foie complètement fonctionnel !

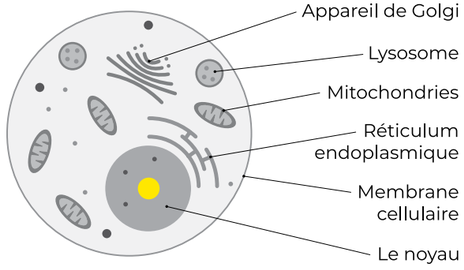
À son tour de jouer

Le défi actuel consiste à recréer des organes à plus grande échelle et à reproduire un environnement similaire à celui de notre corps afin de les rendre plus persistants. C'est à ce moment que Mathew Adams et son équipe entrent en jeu.

De la cellule à l'organe

La technique de M. Adams consiste à numériser l'organe défectueux du patient, par exemple le foie d'une personne atteinte d'un cancer, pour évaluer les dimensions de celui-ci. Par la suite, il faut prélever des cellules souches de l'individu via une chirurgie plus ou moins invasive (selon l'organe et la situation) et les mettre dans un liquide biocompatible pour les cultiver. Ce liquide gélatineux rend les cellules plus malléables. Comme mentionné plus tôt, se procurer des cellules souches est un défi majeur et les techniques pour en obtenir sont toujours au stade de recherche pour la plupart des organes.

Schéma d'une cellule avec ses principaux organites



Nos amis les LEGO

M. Adams vient ensuite se servir de l'imprimante 3D pour créer de petits cubes qui peuvent nous faire penser à des LEGO, mais avec toutes sortes de reliefs internes. Le relief sert à recréer l'environnement présent dans notre corps et à permettre aux cellules de mieux se développer dans les aspérités présentes dans les cubes. La force de cette technique réside dans la forme de ces petits blocs. Leur structure cubique permet à Adams d'assembler les colonies de cellules du patient en n'importe quelle forme. Une fois les cellules matures et bien développées, il ne suffira qu'à les assembler dans la forme de l'organe ou de la partie d'organe souhaitée.

Les cellules, des petites bêtes capricieuses

Une fois les blocs assemblés, il faut pouvoir les conserver. Les cellules dans notre corps peuvent survivre grâce à certains paramètres très précis pour que leur maintien et leur croissance soient possibles. Si ces facteurs ne sont pas respectés, tout le travail n'aura servi à rien. Le scientifique a donc mis au point son propre bioréacteur pour reproduire l'environnement du corps humain.

Un but à plus grande échelle

Le but de Matthew Adams est d'industrialiser cette machine pour permettre aux nombreux patients de bénéficier de la greffe d'organe. C'est d'ailleurs l'objectif de son entreprise : Regenix biotechnologique. Cette augmentation de la production est, selon lui, la clé aux nombreux problèmes énoncés plus haut.

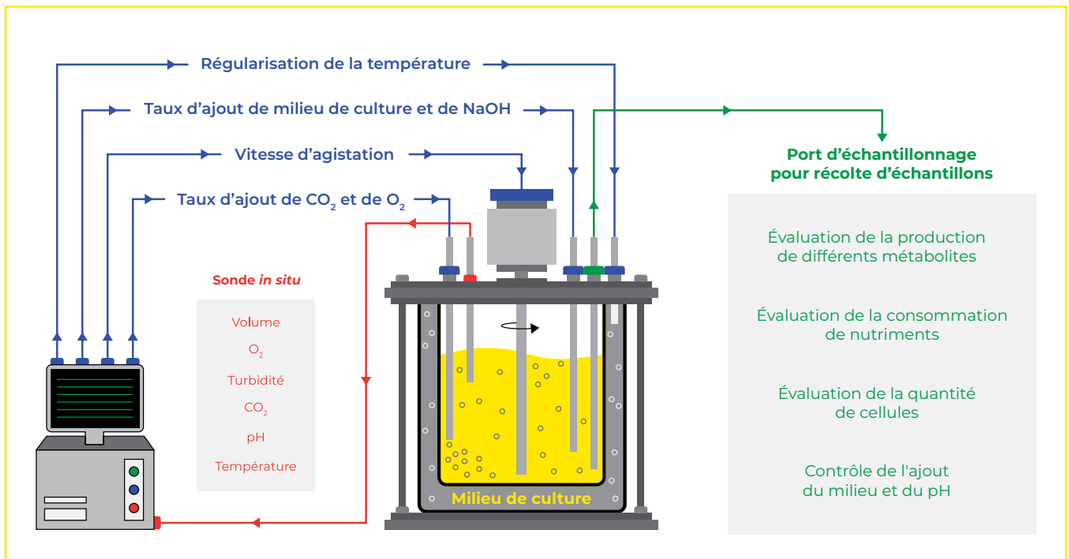
En santé une bonne fois pour toute !

De la science-fiction à la réalité, la fabrication d'organes n'est plus un concept seulement réservé aux films. Ce procédé demeure très complexe, mais il pourra éventuellement sauver des vies. En le rendant plus accessible, la question « vais-je survivre » ne se posera même plus. Que ce soit pour un voisin, un proche ou même pour vous et moi, l'ingénierie tissulaire nous assurera un avenir en santé.

Le bioréacteur, une machine indispensable

Ce bioréacteur est une sorte de boîte connectée dans laquelle se trouve une solution biocompatible. Cet instrument contrôle plusieurs paramètres de façon rigoureuse, ce qui permet de préserver la vie des cellules de façon autonome et automatisée. La machine se chargera de conserver un pH neutre, de garder un niveau d'oxygène similaire à celui de notre corps. De plus, il viendra créer un mouvement dans nos cellules à l'aide d'une pompe pour reproduire les battements de notre cœur et pour distribuer les nutriments et l'oxygène présents dans la solution. Cette machine conservera plus longtemps les organes et leur permettra d'être totalement en santé et fonctionnels pour la transplantation.

Évaluation de paramètres de croissance cellulaire ou de production de métabolites en bioréacteur



07

JULIANNE
BÉDARD

UN VER PORTEUR DE VIE

Je suis étudiante en Sciences de la nature dans le profil santé. Lorsque je me suis inscrite dans ce programme, je ne savais pas vraiment quels seraient mes plans pour mon futur métier. Je savais que le domaine de la santé m'intéressait et j'ai toujours eu un intérêt grandissant envers la biologie marine. Cette passion à en apprendre toujours plus sur les créatures marines m'a amenée à écrire ce texte. Cependant, malgré la curiosité que j'ai pour ces domaines, de nouveaux défis m'attendent. L'an prochain, j'étudierai en Techniques policières au Cégep de Sherbrooke.

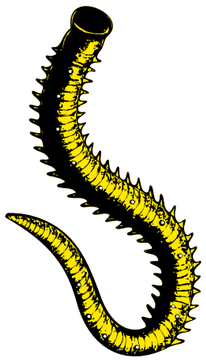
Avez-vous déjà marché sur une plage au bord de la mer en vous demandant ce que pouvaient bien être les étranges tortillons de sable qui la recouvrent ? Vous êtes-vous déjà demandé quelle créature pouvait en être à l'origine ? Eh bien, il s'agit d'un ver marin, l'*Arenicula marina*. Cette créature à l'apparence repoussante pourrait mener à une véritable révolution de la médecine.

Eh oui, vous êtes probablement surpris par cette nouvelle. Comment un ver enfoui sous le sable peut-il sauver des vies ? En fait, une molécule qu'il contient pourrait améliorer la conservation de reins en attente de transplantation, traiter diverses complications cliniques comme les plaies chroniques, l'anémie aiguë, les pertes sanguines massives et même, dans certains cas, remplacer les respirateurs artificiels.

Un sang révolutionnaire

Le chercheur français Frank Zal est à l'origine d'Hémarina, une entreprise développant des produits de santé issus des propriétés sanguines de l'*Arenicula marina*. Il se questionnait au sujet de ce ver marin qui pouvait respirer sous l'eau comme sur la terre. Comment pouvait-il y arriver ? La réponse se trouvait dans son sang.

Schématisation du ver de sang



Présent sur Terre depuis plus de 450 millions d'années, le sang de ce lombric comprend une protéine qui a le même rôle que l'hémoglobine humaine, l'érythrocruorine, mais qui est extracellulaire. Il n'a donc pas de groupe sanguin, puisqu'il ne possède pas de globules rouges. C'est ce qui lui permet d'être compatible avec tous les types de sang humain. Il est aussi possible pour lui de stocker et de transporter l'oxygène beaucoup plus efficacement, soit de 40 à 50 fois plus que l'hémoglobine. Étant 250 fois plus petite qu'un globule rouge, cette protéine peut se faufiler dans des endroits où la circulation est réduite, ce qui la rend capable d'oxygéner plus efficacement des sections de tissus plus difficilement accessibles.

Dans plusieurs sphères de la médecine, l'oxygène est un élément essentiel. L'hémoglobine contenue dans le sang humain sert au transport de cet oxygène, comme un camion transportant de la marchandise jusqu'à sa destination. Il est fréquent de devoir répondre à des troubles de circulation sanguine, dont un manque d'oxygénation de différents tissus. Cette problématique est nommée l'ischémie. Elle peut entrainer de graves conséquences telles que la mort des tissus. Un manque d'hémoglobine peut donc être dramatique.

« Ver » des greffes plus efficaces

Lors des greffes, il est important de bien conserver les organes. En effet, des lésions dues à l'ischémie peuvent survenir lorsqu'ils n'ont plus d'apport sanguin. Il est donc important de les conserver dans une solution de préservation. Sinon, l'organe peut subir des dommages souvent irréversibles et mener à un rejet ou à une complication lorsqu'il est greffé.

La reperfusion est un autre moment critique des greffes. Lorsque le sang recommence à circuler dans l'organe greffé, certaines cellules peuvent être endommagées ou même mourir. Ainsi, de l'inflammation peut survenir et des lésions supplémentaires peuvent se créer, ce qui amène une dysfonction à la suite de l'opération.

C'est donc de ce principe qu'est née l'idée d'HEMO2life, un dispositif médical développé par Hemarina, qui est ajouté à la solution de préservation pour la conservation des reins adultes. Il est composé d'érythrocruorine, la protéine extracellulaire issue du ver marin semblable à l'hémoglobine, et permet de conserver les organes en attente de greffe plus longtemps et avec un plus haut taux de survie après la transplantation. Lors des préservations classiques, ce taux était de 86 % après 4 ans pour 98,3 % avec HEMO2life.

L'érythrocruorine contenue dans la solution d'HEMO2life permet à l'organe d'être oxygéné son prélèvement jusqu'au moment de la greffe. De cette manière, la qualité de l'opération est améliorée et les lésions d'ischémie ou de perfusion sont limitées. Avec les techniques classiques de conservation, plus un organe est conservé longtemps, plus la greffe sera risquée et plus l'organe peut se détériorer. Ainsi, avec cette solution, la capacité de reprise de l'organe est améliorée. L'utilisation d'HEMO2life a même permis à un patient de retrouver ses deux avant-bras perdus lors d'un accident et de récupérer 70 % de leur usage.

Respirer grâce au ver marin

Lors de la pandémie de COVID-19, les chercheurs d'Hemarina ont mis au point un moyen de soulager les patients atteints de détresse respiratoire aiguë dans les cas graves de la maladie. Cette détresse est causée par une perte de la capacité d'échange entre l'air et le sang. Ainsi, le patient peut tomber en asphyxie, puisqu'il manque d'oxygène. En utilisant l'érythrocruorine issue du ver marin et en l'injectant dans le patient, cette molécule va libérer l'oxygène de façon plus efficace, évitant que le malade ne tombe en réanimation ou qu'il ne s'asphyxie, comme si le patient avait été mis sous respirateur artificiel.

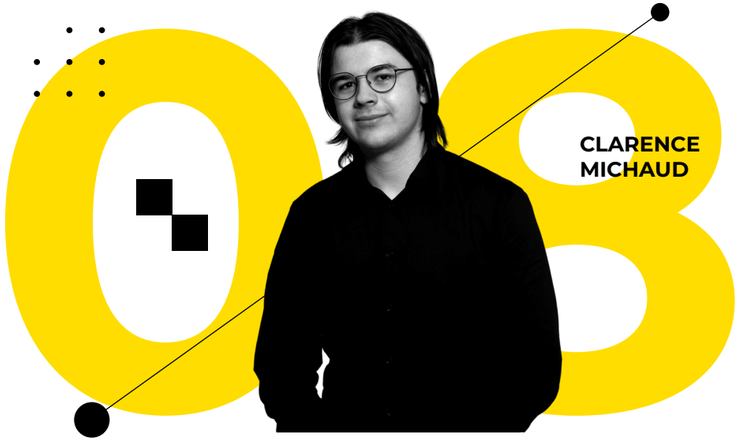
Cicatriser plus vite, est-ce possible ?

Un autre dispositif créé par Hemarina est actuellement en développement afin de favoriser la cicatrisation des plaies. L'hydrogel HEMHealing a pour but de fixer l'oxygène de l'air pour le libérer directement au niveau de la plaie. Étant combiné à un pansement qui laisse passer l'air et l'humidité, il permet de maintenir un milieu humide propice au processus de cicatrisation.

« Cette créature à l'apparence repoussante pourrait mener à une véritable ***révolution*** de la médecine. »

L'envers de la médaille

Cependant, l'érythrocruorine de ce ver n'a pas seulement la faculté de soigner des malades ou des blessés. En effet, il y a des défis reliés à son usage. Sa capacité à transporter l'oxygène efficacement peut être très utile chez les athlètes de haute performance. Elle leur permettrait d'avoir un plus haut taux d'oxygène dans le sang et, donc, d'améliorer leur performance sportive. Cette substance dopante est presque indétectable, puisque son fonctionnement ressemble beaucoup à celui de notre hémoglobine. Ainsi, pour les années futures, il sera important de trouver des solutions pour que les bénéfices de ce ver ne soient pas détournés aux profits de la compétition.



CLARENCE MICHAUD

UN FOSSILE VIVANT COMPLEXE DANS SA PRIMITIVITÉ

Je suis un étudiant en Sciences humaines au Cégep de Sherbrooke. J'aimerais poursuivre des études en psychologie dans le futur. Le sujet de mon article de vulgarisation, c'est-à-dire la limule et l'utilité de son sang particulier, n'est pas lié directement à mon domaine d'étude, mais c'est tout de même un animal qui me fascine et j'ai cru important d'informer la population sur son importance primordiale pour les humains. En effet, le contrôle de qualité de plusieurs produits pharmaceutiques essentiels, comme les vaccins, repose sur les propriétés uniques du sang de la limule. Cet arthropode nous a donc tous déjà été utile, mais bien peu de gens connaissent ce sujet.

La limule, aussi appelée « crabe fer à cheval », à cause de son apparence, est un animal qui a à peine changé depuis les dernières 450 millions d'années. On l'appelle donc souvent un « fossile vivant ». Malgré son apparence et son surnom trompeur, la limule n'est pas un crustacé. Elle est plutôt un chélicérate, tout comme les araignées et les scorpions qui sont ses parents proches. Il en existe trois espèces, toutes assez semblables. Une de ces espèces vit le long des côtes nord-américaines, alors que les deux autres sont plutôt présentes dans les eaux côtières asiatiques. La limule possède un sang bleu particulier qui est fort utile aux industries pharmaceutiques pour la fabrication de produits tels que des médicaments et des vaccins. Sans qu'on ne le sache, la limule nous est utile au quotidien. Malheureusement, la surexploitation de son sang fait en sorte que la limule est considérée comme une espèce vulnérable.

Un sang bleu indispensable

Alors que le sang des humains et de la plupart des vertébrés est rouge parce qu'il contient du fer, le sang de la limule est bleu à cause de la présence de cuivre. La molécule conférant le sang bleu aux limules est appelée hémocyanine et ce sang particulier présente des propriétés fascinantes. En effet, le sang des limules a la capacité de coaguler lorsqu'il entre en contact avec des toxines potentiellement dangereuses.

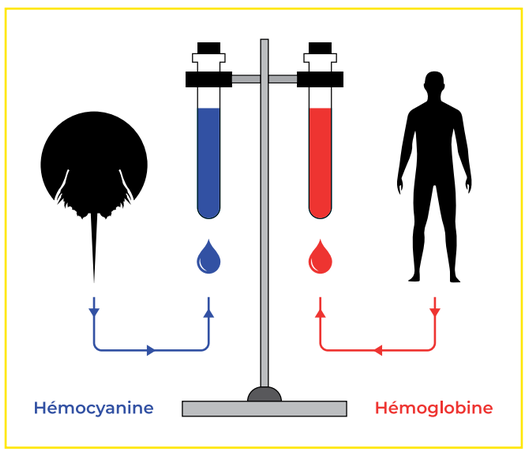
Les endotoxines, un danger véritable

Les toxines que le sang de limule permet de détecter sont plus précisément des endotoxines. Les endotoxines sont libérées dans l'environnement par des bactéries Gram négatifs, une famille de bactéries qui comprend, par exemple, la bactérie E. coli. Chez l'humain, l'exposition à des endotoxines peut causer entre autres de la diarrhée, de la fièvre, des problèmes de circulation et des difficultés respiratoires. Des cas d'exposition sévères peuvent aboutir à la mort. Il est donc impératif de s'assurer que les produits destinés à une utilisation chez l'humain ne contiennent pas d'endotoxines.

La limule à la rescousse

La limule possède un système immunitaire assez simple. Son sang possède la capacité de coaguler lorsqu'il entre en contact avec des endotoxines. Ses cellules sanguines, les amébocytes, contiennent des enzymes spécialisées capables d'activer des protéines qui causent la coagulation du sang. Lorsque les amébocytes détectent des endotoxines, les enzymes sont libérées à l'extérieur de la cellule et les protéines de coagulation sont activées. Le sang de la limule, placé autour des endotoxines et des bactéries Gram négatifs qui les ont libérées, se transforme donc en un amas semi-solide. Les bactéries Gram négatifs et les endotoxines se retrouvent donc isolées et la limule se débarrasse rapidement des amas de sang qu'elles contiennent. C'est ainsi que cet animal plutôt primitif est capable de se protéger de nombreuses infections.

Comparaison de l'hémolymphe contenant l'hémocyanine au sang contenant l'hémoglobine



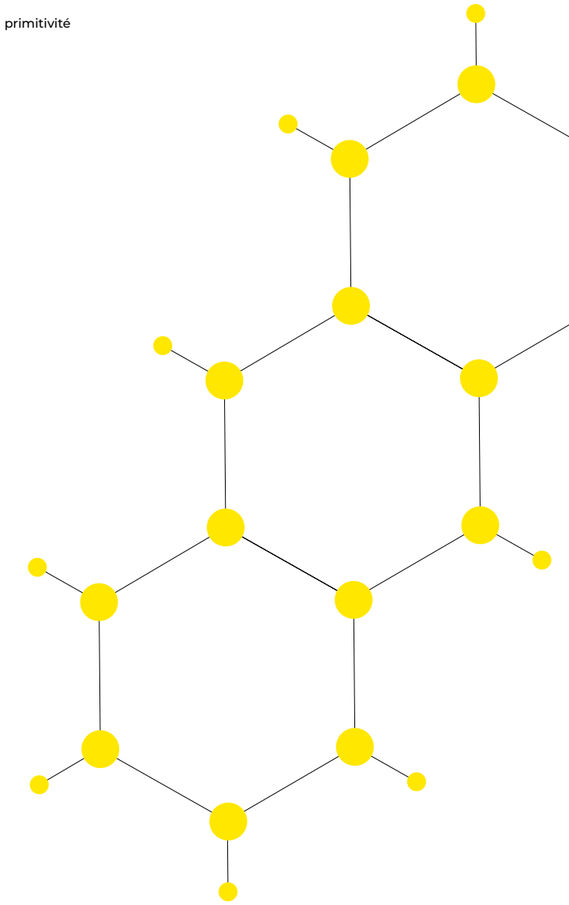
Les industries pharmaceutiques ont appris à exploiter cette propriété du sang de limule. Les limules sont capturées à l'état sauvage et on récolte environ 30 % de leur sang. Elles sont ensuite relâchées dans la nature. Les cellules sanguines sont par la suite isolées et purifiées en une poudre blanche que l'on appelle «tests LAL», ce qui signifie Lysat d'Amébocytes de Limule. Lorsqu'un test LAL est dissout dans un produit contaminé par des endotoxines, des amas détectables par des appareils spécialisés se forment. Les compagnies de produits médicaux peuvent ainsi faire un contrôle de qualité efficace de leur production afin que des produits, comme les vaccins, soient sécuritaires. La limule est donc indispensable à la production de produits médicaux essentiels parce qu'il serait difficile, sans son sang particulier, de s'assurer qu'ils soient exempt de toxines nocives.

Un animal vulnérable

Selon la National Oceanic and Atmospheric Administration, un organisme gouvernemental américain, la limule est maintenant une espèce vulnérable. Environ 15 % des limules ne survivent pas à l'extraction de leur sang et celles qui survivent auront souvent de la difficulté à se nourrir et à se reproduire dans le futur. De plus, elles sont pêchées en grand nombre afin d'être utilisées comme appâts pour la pêche à l'anguille. Ces facteurs font en sorte que certaines populations de limules en Amérique du Nord et en Asie sont en déclin important. La limule joue un rôle majeur dans son écosystème, ses œufs servant de nourriture à plusieurs oiseaux. Il est donc essentiel de mobiliser des efforts pour la protéger.

L'alternative artificielle

Heureusement pour la limule, une alternative synthétique aux tests LAL existe désormais. Nommée tests rFC, qui signifie recombinant Factor C, cette option est basée sur des bactéries génétiquement modifiées qui produisent les molécules utiles naturellement contenues dans le sang de limules. Les tests rFC sont aussi efficaces que les tests LAL dérivés de sang de limule, mais ceux-ci sont produits complètement de manière artificielle et ne nécessitent pas de saigner des limules. Leur adoption générale diminuerait donc la pression sur les populations de limules. Toutefois, ces tests de détection d'endotoxines ne sont pas encore approuvés partout dans le monde et les tests LAL restent la seule option pour plusieurs entreprises.



«La limule est donc ***indispensable*** à la production de produits médicaux essentiels.»

Pour la suite ?

La limule est un animal unique et fascinant, et elle est extrêmement utile à l'humanité. Son sang aux propriétés uniques vous a probablement déjà été utile, indirectement, dans le passé. Son statut précaire est inquiétant, mais des innovations, telles que les tests rFC, sont prometteuses pour un avenir où les populations de limules seront toutes en bonne santé. Espérons que la limule, cette bête qui existe depuis déjà si longtemps, perdurera encore pendant des lustres.

« Le plus grand ennemi de la connaissance n’est pas l’ignorance, c’est ***l’illusion*** de la connaissance. »

— STEPHEN HAWKING

PAR-DELÀ LES ÉTOILES

4

Mention spéciale

09

YOAN JALBERT

LA SCIENCE QUI BOUSCULE LE FUTUR

Je suis actuellement étudiant en Sciences de la nature et je souhaite poursuivre mon parcours scolaire en médecine dentaire. Bien que le domaine de la santé me passionne, j'ai toujours été intrigué par la physique, en particulier par les phénomènes complexes qu'elle cherche à comprendre. L'Université de Sherbrooke, reconnue pour ses recherches sur les supraconducteurs, a immédiatement capté mon attention. C'est pourquoi je suis motivé à faire découvrir les plus récentes innovations technologiques liées aux supraconducteurs à la communauté, afin de susciter curiosité et intérêt.

Août 2085, le projet touche enfin à sa fin. Sherbrooke s'illumine d'une lueur nouvelle. Les infrastructures commerciales, épuisées par les années de surconsommation, sont remplacées par une technologie avant-gardiste, un réseau de câbles supraconducteurs à haute température, enfouis sous terre. Cette révolution électrique ouvre la voie à des avancées inimaginables. Sous terre, une centrale de fusion nucléaire stabilisée fonctionne à pleine capacité, fournissant une énergie propre, infinie et à faible coût pour l'entièreté du Québec. Au cœur de la ville, des chercheurs résolvent des problèmes jadis insolubles, tandis que les médecins guident des robots ayant une taille de l'ordre des micromètres pour réparer les tissus directement à leur source. Grâce à la supraconductivité, la civilisation atteint un stade de développement presque céleste, où les défis d'autrefois ne sont plus qu'un souvenir.

La supraconductivité : un pilier de l'innovation

Comment cette utopie peut-elle devenir possible ? Des chercheurs de l'Université de Sherbrooke tentent de comprendre le fonctionnement des supraconducteurs à haute température. Pour y arriver, ils s'intéressent aux propriétés de la phase supraconductrice des matériaux. Les matières supraconductrices possèdent deux caractéristiques : premièrement, elles n'offrent aucune résistance au passage du courant électrique et, deuxièmement, elles expulsent, tel un bouclier, les champs magnétiques lorsqu'un courant les traverse. Le problème est que ces phénomènes ne sont observés qu'à des températures extrêmement basses. Pour mieux saisir l'importance de ces innovations, imaginez un tuyau d'eau rouillé qui fuit. Naturellement, une immense quantité d'eau se perd en cours de route. Maintenant, imaginez un tuyau parfaitement étanche : l'eau atteindra sa destination sans aucune perte. C'est le même principe pour les fils électriques. Un réseau de fils supraconducteurs peut transporter l'énergie sur de très longues distances sans toutefois subir de perte énergétique.

Bien que méconnue, cette technologie est cruciale, depuis plusieurs décennies, dans la révolution du domaine de l'imagerie médicale et de la recherche atomique. Par exemple, grâce aux supraconducteurs et aux IRM (imagerie par résonance magnétique), il est possible d'observer des images de haute qualité du cerveau sans endommager les tissus des patients.

L'énergie des étoiles à portée de mains

L'énergie des étoiles n'est plus une fiction ! Dans la quête d'énergie propre et inépuisable, les scientifiques du MIT cherchent à maîtriser la fusion nucléaire. Cette dernière, source d'énergie des étoiles, consiste en l'union d'atomes légers, comme l'hydrogène, pour en former de plus lourds. Ce processus libère une quantité d'énergie astronomique. Imaginez ! Si nous parvenions à maitriser cette réaction sur Terre, nous pourrions alors produire de l'électricité sans émettre de gaz à effet de serre ni de déchets radioactifs. Enfin une énergie propre accessible à tous ! En parallèle, un réacteur de fusion nucléaire serait alimenté par du dihydrogène, extrait de l'eau salée des océans, une source presque illimitée.

Résoudre l'impossible

Ce n'est pas tout ! Alors que la fusion nucléaire progresse, les chercheurs de l'Université de Sherbrooke se concentrent sur le rôle-clé des supraconducteurs dans le développement des ordinateurs quantiques. Imaginez des ordinateurs capables de résoudre, en quelques secondes, des calculs qui prendraient actuellement des milliers d'années. Ces machines révolutionnaires exploitent des qubits, qui sont sujets à des phénomènes comme la superposition et l'intrication quantiques.

« L'innovation supraconductrice ouvre la voie à un ***progrès technologique*** durable, permettant d'harmoniser les besoins grandissants de l'humanité »

Quelle est la température la plus élevée enregistrée dans le système solaire ?

Des températures extrêmes peuvent être créées artificiellement sur Terre. Par exemple, à l'institut CERN, une collision entre deux particules a engendré une température atteignant 5500 milliards de degrés Celsius. Il est important de mentionner que ces températures extrêmes ne durent qu'une fraction de seconde. Cependant, le défi de la fusion de deux atomes est considérable. Pour que la fusion fonctionne, il est nécessaire de chauffer l'hydrogène à une température affolante, de l'ordre des millions de degrés Celsius, bien plus chaude que celle de la surface du soleil ! À cette température, le carburant devient un plasma, un état de la matière si chaud qu'aucun matériau ne peut le contenir.

La solution à ce problème ? Utiliser des champs magnétiques d'une puissance phénoménale pour maintenir le plasma en lévitation, sans qu'il touche les parois du réacteur. C'est ici qu'interviennent les supraconducteurs à haute température. Ces matériaux, tels le ReBCO (oxyde de cuivre-baryum et terres rares), sont capables de générer des champs magnétiques colossaux, pouvant atteindre jusqu'à 20 tesla, soit environ 20 000 fois la puissance d'un aimant de réfrigérateur. Ils fonctionnent à 20 kelvin, soit -253 °C, une température élevée relativement aux anciens supraconducteurs. Cette prouesse technologique, bien qu'imparfaite et en développement, pourrait marquer un tournant décisif vers un avenir énergétique propre et durable.

Qu'est-ce que la superposition et l'intrication quantiques ?

En mécanique quantique, un objet en superposition, comme un qubit, peut être simultanément dans plusieurs états à la fois, jusqu'à ce qu'on le mesure, où il prend une valeur définie. Quant à deux particules intriquées, elles sont connectées et partagent de l'information instantanément, peu importe la distance qui les sépare.

Contrairement aux bits de l'informatique classique, les qubits utilisés dans les ordinateurs quantiques peuvent simultanément être dans un état 0 et 1. Cette propriété unique permet aux ordinateurs quantiques de traiter plusieurs données en parallèle, rendant possible la simulation de systèmes physiques complexes. Ces simulations pourraient accélérer la découverte de nouveaux supraconducteurs à haute température, capables de transporter l'énergie sans perte.

Cependant, la fiabilité de ces qubits reste à confirmer. Les supraconducteurs, en raison de leur faible résistance et de leur capacité à créer des courants stables, sont des candidats idéaux pour la fabrication des qubits. Ainsi, les circuits supraconducteurs permettent de réduire les erreurs dans les calculs quantiques. L'application des ordinateurs quantiques va au-delà du simple traitement de données. Par exemple, les chercheurs espèrent simuler le comportement de milliards d'électrons en interaction dans un matériau, une tâche impossible pour les ordinateurs classiques. Ces simulations quantiques pourraient révolutionner des domaines tels que la médecine et l'aérospatiale, en permettant de concevoir et de tester virtuellement de nouveaux médicaments ou technologies. Plutôt que de fabriquer chaque prototype, les ordinateurs quantiques pourraient simuler tous leurs paramètres, rendant le processus de développement plus rapide et moins coûteux.

Un avenir prometteur

Bien que les défis soient encore nombreux, chaque avancée nous rapproche du rêve ultime : une cité où des trains lévitent, où des réacteurs à fusion nucléaire stables fournissent de l'énergie propre, où les chercheurs découvrent les secrets de l'univers et où les chirurgiens prodiguent des soins médicaux révolutionnaires. L'innovation supraconductrice ouvre la voie à un progrès technologique durable, permettant d'harmoniser les besoins grandissants de l'humanité avec la préservation de notre planète. L'électricité sans perte, combinée aux calculs quantiques avancés, n'est plus une idée futuriste : c'est la promesse d'une ère innovatrice !

ZACK
DESROCHERS

PARTOUT, MAIS INTROUVABLE : LA MATIÈRE MANQUANTE À L'UNIVERS

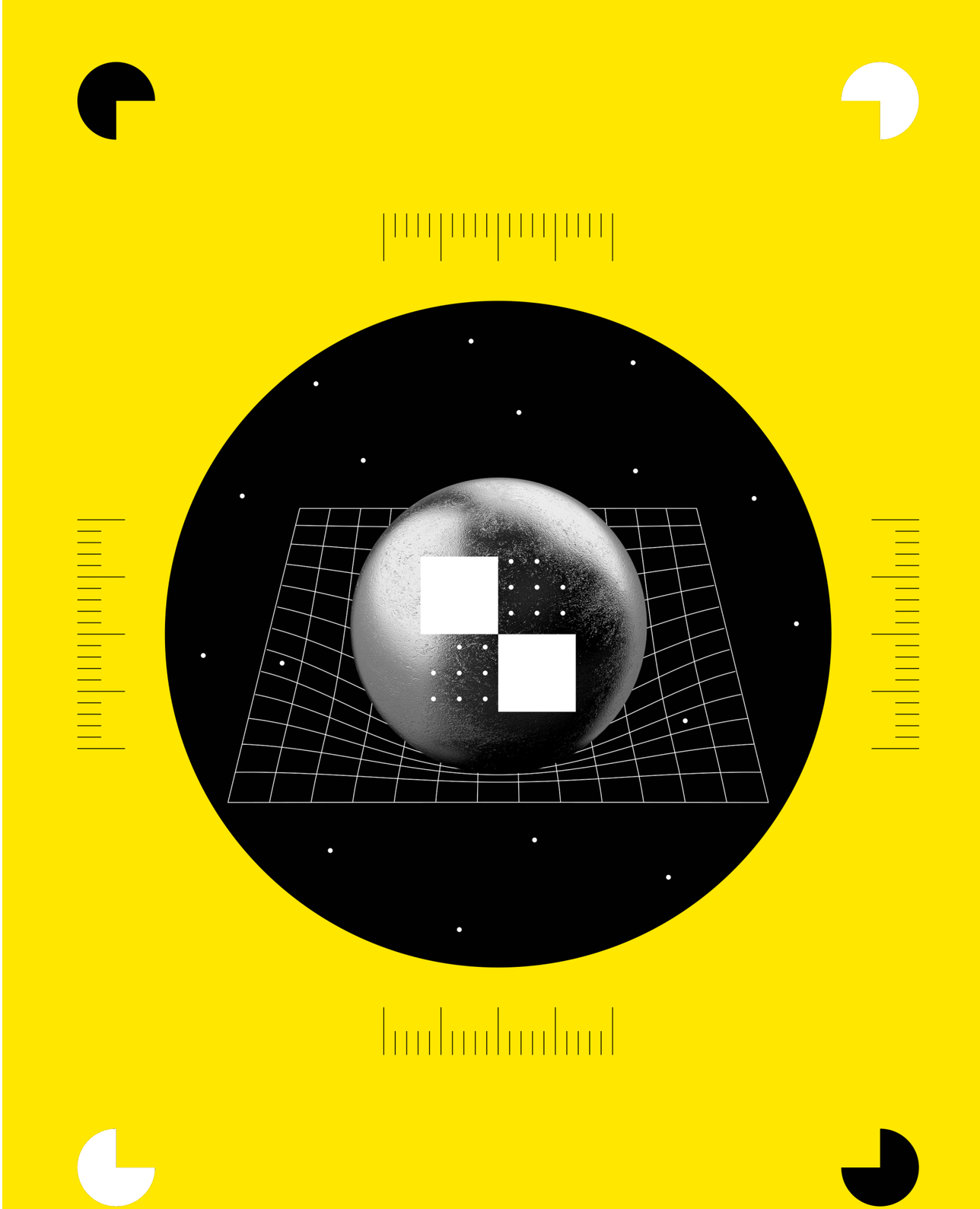
Je suis actuellement étudiant en Sciences de la nature et j'ai un intérêt particulier pour la physique, surtout celle qui cherche à comprendre les lois fondamentales qui régissent l'Univers, en particulier à l'échelle cosmique. C'est donc en physique que je souhaite poursuivre mes études après le cégep afin de mieux comprendre ce qui nous entoure… ou, devrais-je dire, ce qui nous dépasse. L'Univers est vaste, mystérieux, et rempli, à un degré qu'on peine encore à mesurer, de zones d'ombre qui restent à explorer ou à élucider. Parmi elles, il y en a une qui m'a particulièrement intrigué lorsque je l'ai découverte : la matière noire. Elle représente une part majeure de l'Univers, mais elle reste pratiquement invisible, insaisissable… C'est justement cette contradiction, cette idée que l'invisible façonne le visible, qui m'a donné envie de la mettre en lumière à travers mon texte de vulgarisation.

En 1933, l'astronome suisse Fritz Zwicky étudie un amas de galaxies et constate que leurs vitesses de rotation dans l'amas sont bien trop élevées par rapport à la masse visible qu'elles possèdent. Selon les lois de la gravité, plus une masse est grande, plus elle attire les autres corps. Cette force devrait suffire à maintenir les galaxies à la vitesse observée sans qu'elles ne s'échappent. Cependant, ses calculs révèlent que la masse nécessaire pour maintenir les galaxies en orbite est bien supérieure à celle observée. Il en déduit qu'une masse cachée, 400 fois plus grande que celle détectée, influence leur mouvement. Il suggère donc l'existence d'une matière invisible exerçant une force gravitationnelle supplémentaire et nomme cette masse manquante la « *dunkle materie* » – la matière noire.

La matière ordinaire : une infime partie de l'Univers

Zwicky venait de mettre en lumière l'un des plus grands mystères de la physique moderne. Pour mieux saisir l'ampleur de cette découverte, établissons quelques bases. L'Univers est composé de matière ordinaire (ou matière baryonique) qui forme tout ce qui nous entoure : notre corps, les planètes, les étoiles… bref, tout ce qui est fait de protons, de neutrons et d'électrons.

Aujourd'hui, on estime que la matière ordinaire ne constitue que 5 % de l'Univers, tandis que la matière noire en représenterait 25 %. Cette dernière n'interagit pas avec la lumière autrement que par la gravité, n'est pas soumise aux forces électromagnétiques et interagit très faiblement avec la matière baryonique, ce qui la rend indétectable pour nos instruments actuels. C'est pourquoi nous n'avons toujours aucune preuve directe de son existence.



Les failles d'une première hypothèse

Bien que Zwicky ait été le premier à proposer l'existence de la matière noire, ses calculs ont été fortement critiqués. Sans mesures directes, il a dû utiliser la constante de Hubble pour calculer la vitesse d'éloignement des galaxies. À l'époque, cette constante suggérait un univers âgé de seulement 2 milliards d'années, soit inférieur à l'âge de la Terre, ce qui a faussé ses calculs. De plus, il a supposé que le rapport masse-lumière des étoiles de l'amas était identique à celui du Soleil, alors que la plupart des étoiles sont plus massives. Aussi, le manque de masse pouvait s'expliquer par de la matière ordinaire non lumineuse non détectée. Ainsi, pourquoi proposer l'existence d'un nouveau type de matière quand la matière ordinaire pouvait expliquer les incohérences ?

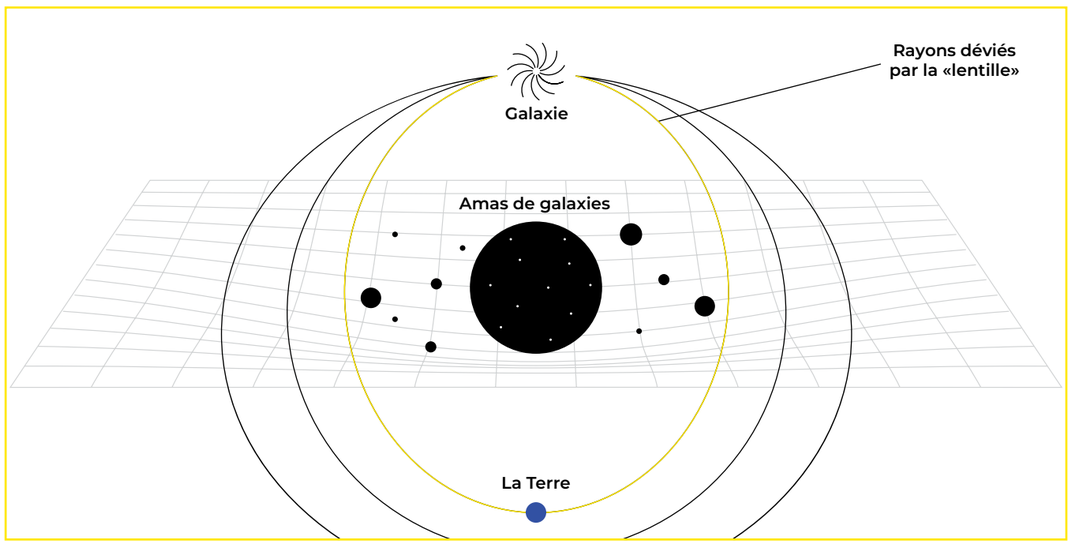
Des galaxies qui déjouent la physique

Si cette forme de la matière reste invisible, même pour les instruments les plus sophistiqués, pourquoi les scientifiques sont-ils convaincus de son existence ? Près de 40 ans après les calculs de Zwicky, Vera Rubin et Kent Ford remettent l'hypothèse de la matière noire sur le tapis. Grâce à des caméras récemment développées, ils observent les galaxies comme jamais auparavant en captant des images de régions peu lumineuses et éloignées de leur centre. En étudiant une dizaine de galaxies spirales, ils mesurent la vitesse de rotation à différentes distances du centre. Si la masse d'une galaxie est principalement concentrée en son centre, comme le suggère la matière visible, la vitesse de rotation devrait diminuer à mesure qu'on s'en éloigne, comme dans notre système solaire où les planètes les plus éloignées orbitent plus lentement. En effet, plus un corps est distant du centre massif, plus la force gravitationnelle est faible, donc les objets éloignés tournent moins rapidement. Cependant, Rubin et Ford observent que la vitesse de rotation reste constante, même à grande distance du centre. Cela suggère qu'une quantité abondante de masse invisible – la matière noire – est répartie dans toute la galaxie, fournissant la force gravitationnelle nécessaire pour maintenir cette vitesse constante.

Les lentilles gravitationnelles

En 1979, les astronomes Dennis Walsh, Raymond F. Carswell et Raymond J. Weymann observent pour la première fois le phénomène des lentilles gravitationnelles, prédit par Einstein plus de 60 ans auparavant. Selon la théorie de la relativité générale d'Einstein, les corps très massifs déforment l'espace-temps, ce qui courbe la trajectoire de la lumière lorsqu'elle passe près d'objets massifs comme les galaxies ou les amas de galaxies. Imaginez l'espace-temps comme un drap tendu et la lumière comme une petite bille roulant dessus. Si le drap est plat, la bille suit une ligne droite. Mais si vous placez une boule lourde sur le drap, celui-ci se courbe, et la bille suit une trajectoire déviée par cette courbure. Les lentilles gravitationnelles, c'est la même idée, mais en trois dimensions. Depuis la Terre, ce phénomène est visible lorsque la lumière d'un quasar lointain – un corps extrêmement lumineux – est déviée par un objet massif situé entre le quasar et nous. Cela crée plusieurs images du quasar, car la lumière est déviée de part et d'autre de l'objet massif.

Effet de lentille gravitationnelle dans l'observation de galaxies lointaines



Lorsque l'alignement est parfait, la lumière du quasar forme un anneau lumineux entourant l'objet massif. Les distorsions de la lumière observées sont souvent trop importantes pour être expliquées seulement par la matière visible. Constituant une grande partie de la masse des galaxies, la matière noire contribue donc significativement au champ gravitationnel qui dévie la lumière. En analysant les lentilles gravitationnelles, les astronomes peuvent ainsi déduire la distribution totale de masse (matière baryonique et noire) dans les galaxies. De plus, l'analyse récente de 11 amas de galaxies géantes montre qu'ils contiennent des poches de matière noire dix fois plus denses que ce que les modèles informatiques prédisaient.

« La détection de la ***matière noire*** révolutionnerait notre compréhension cosmique et ouvrirait de nouvelles perspectives en physique »

Le rayonnement primordial de l'Univers

Un autre moyen de détecter la matière noire est l'étude du fond diffus cosmologique (FDC) découvert dans les années 1960. Ce rayonnement, émis 380 000 ans après le Big Bang, constitue une empreinte de l'Univers primordial. Au début, l'Univers était extrêmement chaud et dense, empêchant les photons (particules de lumière) de voyager librement. Une fois l'Univers suffisamment refroidi, les protons et les électrons se sont combinés pour former des atomes neutres, permettant aux photons de voyager sous forme de lumière et formant le FDC que nous détectons encore aujourd'hui sous forme de micro-ondes.

Aujourd'hui, les chercheurs peuvent analyser comment la matière, y compris la matière noire, déforme ces micro-ondes sous l'effet de la gravité. Une étude récente a combiné les données du satellite Planck et les observations d'une caméra ultra puissante fixée au télescope Subaru pour détecter la matière noire dans des galaxies formées il y a 12 milliards d'années. L'observation de la déviation des micro-ondes du FDC par la gravité a révélé des poches de matière noire au sein des galaxies.

Sur les traces de l'invisible

Malgré toutes ces preuves indirectes, la matière noire reste hypothétique tant qu'elle n'aura pas été détectée directement. Les scientifiques poursuivent activement cette quête en menant des expériences dans des laboratoires souterrains comme SNOLAB, en Ontario, où des détecteurs ultrasensibles tentent de capter des interactions avec la matière noire. Parallèlement, au CERN, le Grand collisionneur de hadrons, un accélérateur de particules, recrée des conditions proches du Big Bang pour tenter de produire cette mystérieuse matière.

La détection de la matière noire révolutionnerait notre compréhension cosmique et ouvrirait de nouvelles perspectives en physique. Comme le souligne le physicien Gilles Gerbier, « si la matière noire n'existe pas, cela veut dire qu'on s'est trompé sur la loi de la gravitation. » C'est pourquoi la chasse à la matière noire est cruciale, car elle pourrait redéfinir les fondements mêmes de la physique moderne.

3e prix

ÈVE PROTEAU

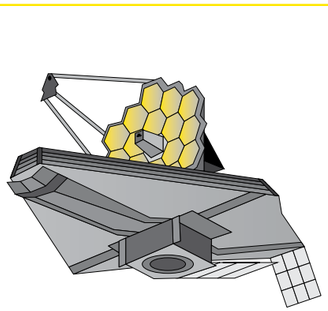
L'ODYSÉE DES MONDES LOINTAINS

Je suis étudiante en Sciences de la nature. Depuis que je suis toute petite, je suis fascinée par l'espace. Durant mon parcours scolaire, j'ai découvert le monde de la physique, plus particulièrement l'astrophysique. Je souhaite poursuivre mes études en astrophysique et travailler en recherche dans ce domaine. Au courant de ma seconde année au Cégep, j'ai eu la chance de participer à un projet de recherche sur la pollution lumineuse. Cette opportunité m'a permis de découvrir le monde de la recherche et l'importance que la vulgarisation scientifique occupe dans ce domaine. J'ai eu le plaisir d'assister à une conférence de René Doyon sur les exoplanètes et ça a piqué ma curiosité. J'ai décidé de profiter de l'occasion pour approfondir mes connaissances sur le sujet en me mettant au défi de faire cette vulgarisation et j'ai maintenant un nouveau sujet astronomique coup de cœur !

7 355 : c'est le nombre d'exoplanètes actuellement répertoriées dans l'immensité de notre univers. C'est un chiffre en constante évolution. Ces 7 355 mondes, tous uniques en leur essence, partagent pourtant certains traits communs avec notre propre système solaire. Des Jupiter chaudes aux mini-Neptunes, en passant par les super-Terres, l'univers fourmille d'exoplanètes fascinantes, chacune d'entre elles suscitant une curiosité sans fin. Parmi cette pléiade de mondes lointains, comment discerner ceux susceptibles d'abriter la vie ?

C'est au Québec, du début des années 2000 jusqu'en 2012, que le chercheur René Doyon et son équipe ont conçu l'instrument *NIRISS* (Near-Infrared Imager and Slitless Spectrograph), un appareil capable d'observer les différents rayonnements émanant d'objets célestes dans le proche infrarouge. À bord du télescope spatial James Webb, *NIRISS* se lance dans l'exploration des confins de l'Univers. Il scrute notamment les exoplanètes susceptibles d'abriter des signes de vie. Comment choisir celles qui seront étudiées par *NIRISS* ?

Schématisation de l'appareil *NIRISS* du téléscope spatial James Webb



Que cherchons-nous ?

Ayant une masse comprise entre une et dix fois la masse de la Terre, les exoplanètes, dites super-Terres, possèdent une croûte rocheuse, un rayon de quelques milliers de kilomètres et une densité moyenne élevée. En raison de leur ressemblance avec notre planète bleue, ces super-Terres représentent les candidates les plus prometteuses pour abriter la vie.

De plus, une exoplanète susceptible de soutenir la vie, doit se situer à une plage de distance particulière de son étoile. Cette distance idéale permet ainsi d'atteindre une température ni trop chaude, ni trop froide, et rend possible la présence potentielle d'eau sous forme liquide. On appelle cet endroit la zone habitable. Dans notre système solaire, cette région se situe quelque part entre les orbites de Vénus et de Mars. Cependant, le simple fait qu'une exoplanète réside dans cette zone ne garantit en rien qu'elle puisse abriter une forme de vie. En effet, ces exoplanètes doivent posséder un champ magnétique et une atmosphère suffisamment dense pour bloquer les rayons cosmiques, qui seraient destructifs pour la vie, et empêcher qu'ils n'atteignent la surface de la planète. Une exoplanète qui présente l'ensemble de ces caractéristiques pourra alors être considérée comme potentiellement propice à la vie et être étudiée par *NIRISS*. Mais comment détecter de telles exoplanètes ?

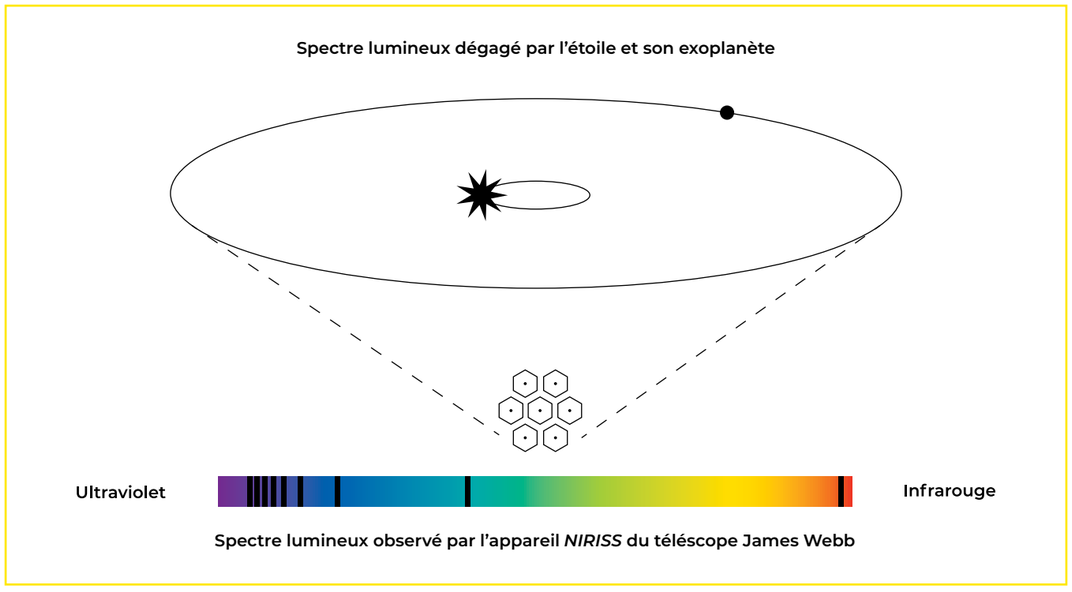
La danseuse étoile

Nous avons parfois l'habitude de concevoir que, sous l'effet du champ gravitationnel, le Soleil attire la Terre vers lui, et non le contraire. Pourtant, la Terre exerce également une attraction sur le Soleil, bien que l'effet produit soit plus subtil. Ce phénomène se retrouve dans tous les systèmes planétaires, où chaque étoile et chaque exoplanète, dotées de leur masse respective, s'attirent mutuellement. Lorsque l'exoplanète effectue une orbite autour de son étoile, les deux objets célestes s'attirent et semblent valser. Ainsi, l'étoile effectue, à son tour, une petite orbite circulaire autour du centre de masse. Le centre de masse est l'endroit, situé sur la droite reliant l'étoile et l'exoplanète, où se trouve la position moyenne pondérée par la masse du duo. La méthode de détection des vitesses radiales est un type de détection qui utilise la perturbation gravitationnelle du mouvement de l'étoile provoquée par l'attraction entre la planète et son étoile. L'étoile vacille donc autour du centre de son orbite.

En étudiant le mouvement de l'étoile au fil du temps, il est possible de réaliser son spectre. À la manière d'un prisme transparent, la spectroscopie consiste à décomposer chacune des composantes de la lumière émise par l'étoile en lignes de couleur appelées raies d'émission.

Lorsque l'étoile effectue sa danse céleste, son spectre oscille. On appelle ce phénomène l'effet Doppler. Lorsque l'étoile se rapproche de nous, elle est plus bleue et, lorsqu'elle s'éloigne, elle est plus rouge. En étudiant l'évolution du spectre de l'étoile du bleu vers le rouge, et vice versa, on parvient à détecter la présence d'une exoplanète et à mesurer sa vitesse. En évaluant l'amplitude de cette vitesse, on peut alors calculer la masse de l'exoplanète.

Représentation de l'orbite de l'exoplanète et de son étoile, ainsi que du spectre de l'étoile



Un clin d'œil cosmique

C'est à un clin d'œil que l'institut Trottier compare la méthode du transit. La méthode du transit est l'un des procédés les plus utilisés pour la détection d'exoplanètes. Cette technique de détection repose sur l'observation de subtiles variations de luminosité d'une étoile, causées par le passage d'une exoplanète devant elle. Lorsqu'une planète traverse le disque de son étoile, elle voile une fraction de cette lumière, créant une diminution temporaire de la luminosité observée depuis la Terre. Cette variation lumineuse est mesurable et permet aux chercheurs de déterminer la taille de la planète, d'évaluer sa distance d'avec son étoile et, parfois, de sonder l'atmosphère de la planète, si celle-ci est présente. Cependant, bien que cette méthode soit d'une grande utilité et d'une efficacité remarquable, elle n'est pas exempte de limitations : elle ne peut opérer que lorsque le plan de l'orbite de la planète est parfaitement aligné avec notre ligne de vue depuis la Terre.

Grâce aux données recueillies par la méthode du transit et celle des vitesses radiales, nous disposons de presque toutes les données physiques nécessaires pour déterminer si l'exoplanète aurait le potentiel de soutenir la vie. Nous connaissons sa vitesse, sa masse, sa densité, la durée de son orbite, ainsi que son rayon et sa proximité avec son étoile. Mais une question essentielle demeure : qu'en est-il de son atmosphère ?

À travers la lumière

L'étude de l'atmosphère des exoplanètes s'appuie en grande partie sur deux techniques complémentaires, soit la spectroscopie et la méthode du transit, donnant naissance à la méthode de la spectroscopie du transit. Lorsque la planète effectue un transit, une portion de la lumière de son étoile traverse son atmosphère. Grâce à la spectroscopie, on peut analyser les variations de cette lumière à différentes longueurs d'onde, dont le proche infrarouge, ce qui permet de détecter certaines caractéristiques qui confirment la présence de certaines molécules et de certains atomes dans l'atmosphère de l'exoplanète. En effet, comme une empreinte digitale, chaque atomes et molécules possèdent une signature spectrale spécifique. Par exemple, des substances comme l'eau, le dioxyde de carbone ou le méthane peuvent être identifiées par leurs bandes d'absorption spécifiques. Cette méthode permet ainsi de déchiffrer la composition chimique de l'atmosphère et d'entrevoir les chances d'habitabilité de ces mondes lointains.

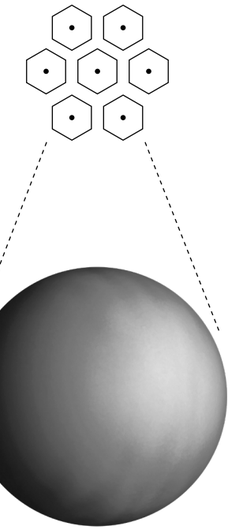


Illustration de WASP-18b

« Nous découvrirons peut-être un jour que, parmi les milliers d'étoiles et de planètes, l'une d'entre elles pourrait bien ***danser*** au rythme de la vie. »

Sous le regard de *NIRISS*

Depuis son lancement en 2021, *NIRISS* utilise la méthode de la spectroscopie du transit pour analyser la composition de l'atmosphère des exoplanètes et a permis plusieurs incroyables découvertes, comme celle de vapeur d'eau dans l'atmosphère d'une planète située à 400 années-lumière de la Terre. Bien que cette planète, nommée WASP-18 b, est une géante gazeuse qui ne pourrait fort probablement pas accueillir la vie telle que nous la connaissons, la détection d'eau dans son atmosphère laisse entrevoir le potentiel futur des découvertes de NIRISS à travers notre univers.

Pour conclure ce voyage au cœur de l'univers, on pourrait dire que l'étude des exoplanètes, telles des étoiles dansant dans un ciel infini, évoque un ballet céleste où chaque mouvement révèle un secret encore enfoui. En scrutant ces mondes lointains, nous découvrirons peut-être un jour que, parmi les milliers d'étoiles et de planètes, l'une d'entre elles pourrait bien danser au rythme de la vie.

MÉDIAGRAPHIE

LES NEURONES MIROIRS : UN REFLET DU SUPERPOUVOIR CÉRÉBRAL (P.16)

Références électroniques

Benz, Anton. « Neurones Miroirs. Quel bilan trente ans après ? », Cerveau & Psycho, juin 2022. [https://www.cerveauetpsycho.fr/sd/psychologie-travail/cerveau-psycho-n144-23751.php] (consulté le 2 octobre 2024).

Mathon, Bertrand. « Les neurones miroirs : de l'anatomie aux implications physiopathologiques et thérapeutiques », Science Direct, avril 2023, p. 285–290. [https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0035378713000064] (consulté le 15 décembre 2024).

Ovadia, Daniela. « Vilayanur Ramachandran, chasseur de membres fantômes », Cerveau & Psycho, septembre 2017. [https://www.cerveauetpsycho.fr/sd/psychotherapie/cerveau-et-psycho-n91-787.php] (consulté le 2 octobre 2024).

Paschal, Camille. « Les neurones miroirs : à quoi servent-ils ? », Passeport Santé, 23 mars 2023. [https://www.passeportsante.net/fr/parties-corps/Fiche.aspx?doc=neurones-miroirs-servent] (consulté le 14 décembre 2024).

Thébault Guiochon, Astrid. « Pourquoi a-t-on envie de bâiller lorsque l'on voit quelqu'un bâiller ? », The Conversation, 24 septembre 2024. [https://theconversation.com/pourquoi-a-t-on-envie-de-bailler-lorsque-lon-voit-quelquun-bailler-239646] (consulté le 18 décembre 2024).

[N.A.]. « Mirror Neurons », Psychology Today, [s.d.]. [https://www.psychologytoday.com/us/basics/mirror-neurons] (consulté le 15 décembre 2024).

Ouvrages de références électroniques

Rizzolatti, Giacomo. « Les systèmes de neurones miroirs », 12 décembre 2006, p. 1–3. [https://cegepsherbrooke.qc.ca/wp-content/uploads/2024/09/protocole_de_presentation_des_travaux_ecrits_avril_2024.pdf] (consulté le 14 décembre 2024).

PSYCHOPATHIE : ENTRE PHYSIQUE ET ENVIRONNEMENT, UNE ÉNIGME À DÉCRYPTER (P.20)

Références électroniques

Delgado, Mildred. « Psychopaths – Born Or Made? », Crime Traveller, [s.d.] [https://www.crimetraveller.org/2020/03/psychopaths-born-or-made/#google_vignette] (consulté le 11 novembre 2024).

Dufresne, M. et Robert, D. « La biographie d'un gène », Déviance et Société, vol. 41(4), 2017, p. 593–619. [https://doi.org/10.3917/ds.414.0593] (consulté le 12 novembre 2024).

Duignan, Brian. « What's the Difference Between a Psychopath and a Sociopath? And How Do Both Differ from Narcissists? », Britannica, [s.d.]. [https://www.britannica.com/story/whats-the-difference-between-a-psychopath-and-a-sociopath-and-how-do-both-differ-from-narcissists] (consulté le 11 novembre 2024).

Hicks, Brian, et al. « Psychopathic Personality Traits and Environmental Contexts: Differential Correlates, Gender Differences, and Genetic Mediation », National Library of Medicine, 29 août 2011. [https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3387315/#R5] (consulté le 12 novembre 2024).

Hunter, Philip. « The psycho gene », National Library of Medicine, 11 septembre 2010. [https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC2933872/] (consulté le 12 novembre 2024).

Kim, Jean. « Are Psychopaths Born or Made? », Psychology Today, 25 mars 2022. [https://www.psychologytoday.com/ca/blog/culture-shrink/202203/are-psychopaths-born-or-made] (consulté le 11 novembre 2024).

Ouvrages de références électroniques

Arke, Karin. « Psychopathy », Britannica, 19 octobre 2024. [https://www.britannica.com/topic/psychopathy] (consulté le 12 novembre 2024).

Page Internet

[N.A.]. « Quelles sont les causes de la psychopathie? », Psychopathyis, [s.d.]. [https://psychopathyis.org/what-causes-psychopathy-french/] (consulté le 8 novembre 2024).

ÉCRANS ET ENFANTS AU-DELÀ DE LA LUMIÈRE (P.24)

Références électroniques

Christakis, Dimitri A., Ramirez, John S. B., Ferguson, Stephanie M., Ravinder, Shalini, et Ramirez, Jean-Martin. « How early media exposure may affect cognitive function: A review of results from observations in humans and experiments in mice », Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2018, p. 9851–9858. [https://doi.org/10.1073/pnas.1711548115] (consulté le 12 novembre 2024).

Coyne, Sarah, et al. « ABCs or attack–boom–crash? A longitudinal analysis of associations between media content and the development of problematic media use in early childhood », Technology, Mind, and Behavior, [s.d.].

Pagani, Linda S., Bernard, Justine, et Fitzpatrick, Caroline. « Prospective associations between preschool exposure to violent televiewing and psychosocial and academic risks in early adolescent boys and girls », Journal of Developmental and Behavioral Pediatrics, 2023, p. e1–e11. [https://doi.org/10.1097/DBP.0000000000001135] (consulté le 12 novembre 2024).

Livres

Bandura, Albert. Social learning theory, Prentice-Hall, 1977.

Page Internet

Binet, Marie-Andrée, Hamani, Anissa, Koronfol, Wama, et Bigras, Zoé. « Projet : De l'autre côté de l'écran lumineux : caractéristiques des contenus média préférés d'enfants de moins de 5 ans », [s.d.]. [https://initiasciences.ca/marie-andree-binet/] (consulté le 01 décembre 2024).

Steyer, Jim. « Common Sense Media », Common Sense Media, [s.d.]. [https://www.commonsensemedia.org/] (consulté le 25 novembre 2024).

DES VIRUS SAUVEURS : L'ALLIANCE INATTENDUE CONTRE LES TUMEURS (P.30)

Références électroniques

Roy, D.G, et al. « Adjuvant oncolytic virotherapy for personalized anti-cancer vaccination », Nature Communications, mai 2021. [https://www.nature.com/articles/s41467-021-22855-4] (consulté le 10 octobre 2024).

Zhang, S., et al. « The discovery and development of oncolytic viruses: are they the future of cancer immunotherapy? », Expert Opinion on Drug Discovery, décembre 2020. [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7746539/] (consulté le 11 octobre 2024).

Dutchen, Stephanie. « The Good that Viruses Do », Harvard Medicine, printemps 2022. [https://magazine.hms.harvard.edu/articles/good-viruses-do] (consulté le 8 octobre 2024).

Syed Abbas, Ali, et al. « Multiple Myeloma », Johns Hopkins Medicine. [https://www.hopkinsmedicine.org/kimmel-cancer-center/cancers-we-treat/multiple-myeloma.html] (consulté le 8 octobre 2024).

Page Internet

« Cycle cellulaire et dysfonctionnement de la cellule », Institut National du Cancer. [https://www.e-cancer.fr/Comprendre-le-cancer/Qu-est-ce-qu-un-cancer/Cycle-cellulaire-et-dysfonctionnement-de-la-cellule] (consulté le 13 octobre 2024).

« Maladies chroniques », Gouvernement du Canada. [https://www.canada.ca/fr/sante-publique/services/maladies-chroniques/cancer.html] (consulté le 7 octobre 2024).

OÙ EST CHARLIE ? À LA RECHERCHE DU GLIOBLASTOME CACHÉ (P.34)

Entrevue informelle

Déry, Laurence. Entrevue menée le 8 octobre 2024 dans les laboratoires du Département de Médecine nucléaire de l'Université de Sherbrooke (durée : 3 heures). Candidate au PhD en Sciences des Radiations et Imagerie Biomédicale, Laboratoires du Dr David Fortin et du Pre Brigitte Guérin.

Pages Internet

Centre universitaire de santé McGill. « Cancer du cerveau : une molécule intelligente trompe et tue les ». [https://cusm.ca/nouvelles-et-histoires/nouvelles/cancer-du-cerveau-une-molecule-intelligente-trompe-et-tue-les] (consulté le 3 octobre 2024).

Centres interdisciplinaires d'oncologie. « Glioblastome ». [https://centrescancer.chuv.ch/maladie/glioblastome/] (consulté le 3 octobre 2024).

Hartmann Oncology Radiotherapy Group (HORG). « Glioblastome ». [https://horg.fr/cancer-pris-en-charge/glioblastome/] (consulté le 3 octobre 2024).

Intergroupe de Cancérologie et d'Onco-radiothérapie du Nord Est. « Différence entre radiothérapie et chimiothérapie ». [https://centre-icone.fr/divers/difference-entre-radiotherapie-et- chimiotherapie/#:~:text=La%20radioth%C3%A9rapie%20et%20la%20chimioth%C3%A9rap ie%20sont%20donc%20des%20traitements%20couramment,effets%20secondaires%20sont% 20cependant%20diff%C3%A9rents] (consulté le 3 octobre 2024).

Roche. « Tumeur du cerveau : glioblastome ». [https://www.roche.fr/articles/tumeur-cerveau-glioblastome] (consulté le 3 octobre 2024).

Société canadienne du cancer. « Traitements ciblés : tumeurs du cerveau ». [https://cancer.ca/fr/cancer-information/cancer-types/brain-and-spinal-cord/treatment/targeted-therapy] (consulté le 3 octobre 2024).

UT Southwestern Medical Center. « Cooling brain tumor cells ». [https://www.utsouthwestern.edu/newsroom/articles/year-2023/january-cooling-brain-tumor-cells.html] (consulté le 3 octobre 2024).

DE LA FICTION À LA RÉALITÉ, GRÂCE À L'INGÉNIERIE TISSULAIRE (P.44)

Entrevue informelle

Adams, Matthew. Entrevue menée dans le cadre du cours Langue et Communication, Université de Sherbrooke, d'une durée d'1h07 octobre 2024).

Pages Internet

EDP Sciences. Letourneur, Didier, et Bordenave, Laurence. « Ingénierie tissulaire et biomatériaux », sur le site Médecine/Sciences, [https://www.medecinesciences.org/en/articles/medsci/full_html/2017/01/medsci20173301p46/medsci20173301p46.html] (consulté le 10 octobre 2024).

Euro GCT. Lorigan, Jennifer. « Qu'est-ce que l'ingénierie tissulaire ? », [https://www.eurogct.org/fr/quest-ce-que-lingenierie- tissulaire#:~:text=L'ing%C3%A9nierie%20tissulaire%20comprend%201,et%201a%20cicatrisation%20des%20plaies.] (consulté le 10 octobre 2024).

Radio-Canada. « Dons d'organes : le système québécois », [https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1935007/dons-organes-systeme-quebecois-cpo] (consulté le 10 octobre 2024).

Centre de recherche du CHU de Québec – Université Laval. Zhang, Ze, Moulin, Véronique, et Proulx, Stéphanie. « Médecine régénératrice », [https://www.crchudequebec.ulaval.ca/recherche/axes/medecine-regeneratrice/#] (consulté le 10 octobre 2024).

UN VER PORTEUR DE VIE (P.48)

Pages Internet

Académie nationale de médecine. Hauet, Thierry et al. « L'ischémie reperfusion : un passage obligatoire de la transplantation », 31 mai 2011, [https://www.academie-medecine.fr/lischemie-reperfusion-un-passage-obligatoire-de-la-transplantation/] (consulté le 30 novembre 2024).

Canada. « Ce que vous devez savoir sur l'hémoglobine, l'anémie, le fer et l'hémochromatose », sur le site de la Société canadienne du sang, [s.d], [https://www.blood.ca/fr/sang/puis-je-donner/labc-de-ladmissibilite/ce-que-vous-devez-savoir-sur-lhemoglobine] (consulté le 14 novembre 2024).

Demeure, Yohan. « Pourquoi l'hémoglobine de ce ver marin va révolutionner la médecine », sur le site Sciencepost, 26 juin 2018, [https://sciencepost.fr/pourquoi-lhemoglobine-de-ce-ver-marin-va-revolutionner-la-medecine/] (consulté le 30 novembre 2024).

Hemarina. « Hemo2life – Applications médicales », [https://www.hemarina.com/applications/hemo2life/] (consulté le 14 novembre 2024).

Hyvanature. « Le ver arénicole : l'animal marin qui va révolutionner la médecine », 4 juin 2024, [https://hyvanature.com/le-ver-arenicole-lanimal-marin-qui-va-revolutionner-la-medecine.html] (consulté le 14 novembre 2024).

Oceano. « Santé et Océan », [https://www.oceano.org/ressources/sante-et-ocean/#anaphylaxie] (consulté le 1 décembre 2024).

Radio-Canada. « Le parcours d'un chercheur après une découverte fondamentale en médecine », entrevue avec Franck Zal, 7 février 2022, [https://ici.radio-canada.ca/ohdio/premiere/emissions/dans-la-mosaique/segments/entrevue/389706/ver-marin-arenicole-sang-universel-hemoglobine-franck-zal] (consulté le 14 novembre 2024).

UN FOSSILE VIVANT COMPLEXE DANS SA PRIMITIVITÉ (P.52)

Références électroniques

Iwanaga, Sadaaki. « Biochemical principle of Limulus test for detecting bacterial endotoxins », sur le site National Library of Medicine, mai 2007, [https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3756735/] (consulté le 18 décembre 2024).

Maloney, Tom et al. « Saving the horseshoe crab : A synthetic alternative to horseshoe crab blood for endotoxin detection », 12 octobre 2018, [https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6200278/#sec005] (consulté le 18 décembre 2024).

ScienceDirect. « Limulus Lysate Test », 2005, [https://www.sciencedirect.com/topics/medicine-and-dentistry/limulus-lysate-test#related-terms] (consulté le 18 décembre 2024).

Pages Internet

Arnold, Carrie. « Ce crustacé est indispensable à l'élaboration du vaccin contre le coronavirus… et à son écosystème », National Geographic, [https://www.nationalgeographic.fr/animaux/2020/07/ce-crustace-est-indispensable-a-lelaboration-du-vaccin-contre-le-coronavirus-et-a] (consulté le 18 décembre 2024).

Biolib. « Modern horseshoe crab », 30 novembre 2019, [https://www.biolib.cz/en/taxon/id568380/] (consulté le 18 décembre 2024).

BMG LABTECH. Pusterla, Tobias. « What are endotoxins ? », 24 mars 2022, [https://www.bmglabtech.com/en/blog/what-are-endotoxins/] (consulté le 18 décembre 2024).

McKeever, Amy. « Les limules, créatures au sang bleu très recherchées… et de plus en plus menacées », National Geographic, 6 août 2022, [https://www.nationalgeographic.fr/animaux/les-limules-creatures-au-sang-bleu-tres-recherchees-et-de-plus-en-plus-menacees] (consulté le 18 décembre 2024).

NOAA Fisheries. « Horseshoe Crab − Limulus polyphemus vulnerability », août 2015, [https://www.st.nmfs.noaa.gov/Assets/ecosystems/climate/images/species-results/pdfs/Horseshoe_Crab.pdf] (consulté le 18 décembre 2024).

LA SCIENCE QUI BOUSCULE LE FUTUR (P.58)

Pages Internet

Acfas. Kaba, Sékou-Oumar, « Les supraconducteurs : ces matériaux qui nous donnent du fil à retordre », Vulgarisation de la recherche, [audio], 2018, 3 min 57 s, [https://www.acfas.ca/laureat-sekou-oumar-kaba] (consulté le 3 octobre 2024).

BBC. Ricon, Paul, « Superconductors : Material raises hope of energy revolution », 15 octobre 2020, [https://www.bbc.com/news/science-environment-54531893] (consulté le 24 septembre 2024).

CERN. « En dessous d'une certaine température dite critique, un matériau peut passer à l'état supraconducteur », [https://home.cern/fr/science/superconductivity#:~:text=malgr%C3%A9%20des%20z%C3%A9ros-,En%20dessous%20d'une%20certaine%20temp%C3%A9rature%20dite%20critique%2C%20un%20mat%C3%A9riau,passage%20d'un%20courant%20%C3%A9lectrique.] (consulté le 20 septembre 2024).

CEA. « L'essentiel sur… La supraconductivité et ses applications », 7 septembre 2016, [https://www.cea.fr/decouvrir/Pages/la-supraconductivite-et-ses-applications.aspx] (consulté le 20 septembre 2024).

CEA. « L'essentiel sur… L'imagerie médicale », 7 mars 2022, [https://www.cea.fr/decouvrir/Pages/limagerie-medicale.aspx] (consulté le 20 septembre 2024).

Cortex. Presles, Timothé, « Ordinateurs quantiques supraconducteurs : De sérieux candidats à la suprématie quantique », 27 février 2024, [https://le-cortex.com/ordinateurs-quantiques-supraconducteurs-candidats-supravermatie-quantique] (consulté le 19 septembre 2024).

Harvard Gazette. McDermott-Murphy, Caitlin, « Potential step toward new superconductors », 2 décembre 2021, [https://news.harvard.edu/gazette/story/2021/12/harvard-researchers-explore-superconductor-possibilities/] (consulté le 24 septembre 2024).

Institut Quantique - Université de Sherbrooke. Leblanc, Jérôme, « Le calcul quantique appliqué à la recherche en supraconductivité », automne 2022, [https://www.usherbrooke.ca/institut-quantique/le-calcul-quantique-applique-a-la-recherche-en-supraconductivite] (consulté le 6 octobre 2024).

MIT News. Chandler, David L., « Tests show high-temperature superconducting magnets are ready for fusion », 4 mars 2024, [https://news.mit.edu/2024/tests-show-high-temperature-superconducting-magnets-ready-fusion-0304] (consulté le 27 septembre 2024).

National Library of Medicine. Parizh, Michael et al., « Conductors for commercial MRI magnets beyond NbTi : requirements and challenges », 16 novembre 2016, [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5134537/] (consulté le 24 septembre 2024).

Université de Sherbrooke. Gauthier, Marc-Antoine, « Propriétés étonnantes de la supraconductivité dans les matériaux multibandes en présence de couplage spin-orbite », 4 mai 2024, 92 p., [https://www.usherbrooke.ca/etudes/proprietes-supraconductivite-couplage-spin-orbite] (consulté le 20 septembre 2024).

Le Devoir. Vallée, Pierre, « Université de Sherbrooke - Une avancée majeure est réalisée dans la compréhension des supraconducteurs », 2 novembre 2013, [https://www.ledevoir.com/science/394744/une-avancee-majeure-dans-la-comprehension-des-supraconducteurs] (consulté le 24 septembre 2024).

CNRS. Tixador, Pascal, « PEPR SupraFusion : quelle place pour la supraconductivité et la fusion dans le monde de demain ? », 8 décembre 2023, [https://www.cnrs.fr/fr/pepr-suprafusion-supraconductivite-fusion] (consulté le 24 septembre 2024).

PARTOUT, MAIS INTROUVABLE : LA MATIÈRE MANQUANTE À L'UNIVERS (P.62)

Références électroniques

Surdej, Jean, Lentilles gravitationnelles : dossier pédagogique, [cahier], sur le site Sciences.be, 2007, p.28, [https://www.sciences.be/wp-content/uploads/dossier_lentille.pdf], (consulté le 25 novembre 2024).

Pages Internet

Canada, « Les mystères de la matière noire et de l'énergie noire », sur le site Gouvernement du Canada, 28 septembre 2022, [https://www.asc-csa.gc.ca/fra/astronomie/au-dela-systeme-solaire/matiere-noire-et-energie-noire.asp], (consulté le 10 novembre 2024).

Corniou, Marine, « Chasser la matière noire », sur le site Québec Science, décembre 2017, [https://www.queensu.ca/physics/news-g/sites/news-gwww/files/uploaded_files/media%20pdfs/media-pdf-quebec-science-chasser-la-matiere-noire.pdf], (consulté le 10 novembre 2024).

Gagnon, Pauline, « Comment sait-on que la matière sombre existe ? », sur le site Agence Science Presse, 23 janvier 2014, [https://www.sciencepresse.qc.ca/opinions/pauline-gagnon/2014/01/23/comment-sait-matiere-sombre-existe], (consulté le 10 novembre 2024).

Greshko, Michael, « La matière noire est un grand mystère. Cet outil permettra-t-il de la détecter ? », sur le site National Geographic, [s.d.], [https://www.nationalgeographic.fr/espace/la-matiere-noire-est-un-grand-mystere-cet-outil-permettra-t-il-de-la-detecter], (consulté le 10 novembre 2024).

Greshko, Michael, « Les amas géants de galaxies ébranlent les théories sur la matière noire », sur le site National Geographic, 14 septembre 2020, [https://www.nationalgeographic.fr/espace/2020/09/les-amas-geants-de-galaxies-ebranlent-les-theories-sur-la-matiere-noire], (consulté le 10 novembre 2024).

Guillet-Beaulieu, Elisabeth, « Qu'est-ce que la matière noire ? », sur le site Centre des Sciences de Montréal, 11 octobre 2023, [https://www.centredessciencesdemontreal.com/blogue/qu-est-ce-que-la-matiere-noire], (consulté le 10 novembre 2024).

« La matière noire : la matière invisible », sur le site Snolab, [s.d.], [https://www.snolab.ca/wp-content/uploads/2020/12/DarkMatterInfoNote_2020_FR.pdf], (consulté le 10 novembre 2024).

« L'essentiel sur la matière noire », sur le site CEA, 1 juillet 2023, [https://www.cea.fr/comprendre/Pages/matiere-univers/essentiel-sur-matiere-noire.asp], (consulté le 10 novembre 2024).

Louvet, Brice, « Qu'est-ce que le fond diffus cosmologique, et pourquoi est-il aussi important ? », sur le site Sciencepost, 7 juillet 2023, [https://sciencepost.fr/quest-ce-que-le-fond-diffus-cosmologique/], (consulté le 10 novembre 2024).

Louvet, Brice, « Une observation de matière noire faite aux confins de l'Univers », sur le site Sciencepost, 3 août 2022, [https://sciencepost.fr/detection-matiere-noire-12-milliards-dannees/], (consulté le 10 novembre 2024).

Rédaction Futura, « Matière sombre : qu'est-ce que c'est ? », sur le site Futura, 8 février 2011, [https://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/physique-matiere-sombre-46/], (consulté le 10 novembre 2024).

Sacco, Laurent, « Quasar : qu'est-ce que c'est ? », sur le site Futura, 20 août 2022, [https://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/astronomie-quasar-305/], (consulté le 25 novembre 2024).

Schmidt, Stephanie, « Lentilles gravitationnelles : observer des galaxies lointaines grâce à ces véritables télescopes cosmiques », sur le site Trust My Science, 18 février 2016, [https://trustmyscience.com/observer-galaxies-lointaines-graces-aux-telescopes-gravitationnels/], (consulté le 25 novembre 2024).

Siegal, Ethan, « Who discovered dark matter : Fritz Zwicky or Vera Rubin ? », sur le site Big Think, 26 juillet 2023, [https://bigthink.com/starts-with-a-bang/who-discovered-dark-matter-fritz-zwicky-vera-rubin/], (consulté le 10 novembre 2024).

L'ODYSÉE DES MONDES LOINTAINS (P.66)

Références électroniques

Samuel, Benjamin, « Détection et caractérisation d'exoplanètes avec le télescope spatial CoRoT : contributions à la découverte et étude physique de la super-terre CoRoT-7b », sur le site HAL thèses, 28 juillet 2011, 211 pages, [https://theses.hal.science/tel-00603013], (consulté le 27 novembre 2024).

Vigan, Arthur, « Détection et Caractérisation des Exoplanètes par Imagerie Directe avec IRDIS », sur le site HAL thèses, 1 mars 2010, 249 pages, [https://theses.hal.science/tel-00460567v1], (consulté le 24 novembre 2024).

Pages Internet

« Catalogue of Exoplanets », sur le site Exoplanet.eu, [s.d.], [https://exoplanet.eu/catalog/], (consulté le 30 novembre 2024).

« Comment les trouver ? », sur le site Institut Trottier de recherche sur les exoplanètes, [s.d.], [https://exoplanetes.umontreal.ca/recherche/recherche-de-la-vie/], (consulté le 1 décembre 2024b).

« Des exoplanètes, et encore des exoplanètes ! », sur le site Gouvernement du Canada, 22 avril 2022a,

[https://www.asc-csa.gc.ca/fra/astronomie/au-dela-systeme-solaire/exoplanetes-et-encore-exoplanetes.asp], (consulté le 29 novembre 2024).

« Les modes d'observation du NIRISS, l'instrument canadien sur le télescope Webb », sur le site Gouvernement du Canada, 16 juin 2022b, [https://www.asc-csa.gc.ca/fra/blogue/2022/06/16/modes-observation-du-niriss-instrument-canadien-sur-telescope-webb.asp], (consulté le 25 novembre 2024).

« L'instrument canadien NIRISS sur Webb cartographie l'atmosphère d'une Jupiter ultra-chaude », sur le site Institut Trottier de recherche sur les exoplanètes, [s.d.], [https://exoplanetes.umontreal.ca/linstrument-canadien-niriss-sur-webb-cartographie-latmosphere-dune-jupiter-ultra-chaude/], (consulté le 3 décembre 2024c).

« Recherche de la vie », sur le site Institut Trottier de recherche sur les exoplanètes, [s.d.], [https://exoplanetes.umontreal.ca/recherche/recherche-de-la-vie/], (consulté le 1 décembre 2024a).

CRÉDITS VISUELS

Certaines images utilisées dans cette publication proviennent de la plateforme Unsplash (abonnement Unsplash+), offrant des contenus sous licence élargie. Tous les visuels ont été sélectionnés conformément aux droits d'utilisation prévus par cette licence., [https://unsplash.com/fr]

Certaines images utilisées dans cette publication proviennent de la plateforme Freepik. Tous les visuels ont été sélectionnés conformément aux droits d'utilisation prévus par cette licence., [https://www.freepik.com/]

Vulgariser pour inspirer !

UNE PUBLICATION DU CÉGEP DE SHERBROOKE

Coordination du projet

Marie-Josée Fraser

Édition

Georges Desmeules
Olivier Domingue

Révision des contenus

Sabrina Asselin
Julie Boisvert
Georges Desmeules
Olivier Domingue
François Gaudreau
Marie-Hélène Martin
Jade Généreux-Gamache

Révision linguistique

Jeanne Lessard
Georges Desmeules

Graphisme, photographie et mise en page

Emrick Jacques
Alexandrie Lussier
Samuelle Morand

StudioStage.

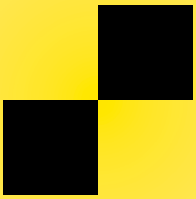
Impression

Technopub
4141 Boul de Portland,
Sherbrooke QC J1L 2Z1

Le Cégep de Sherbrooke a choisi d'imprimer cette publication sur du papier Enviro100 qui contient 100 % de matières recyclées post-consommation.

ISBN : 978-2-920916-87-6
Dépôt légal : Juin 2025
© 2025

Le concours « Vulgariser pour inspirer ! » et la présente publication ont bénéficié de l'appui du programme NovaScience du ministère de l'Économie, de l'Innovation et de l'Énergie du Québec. Nous remercions le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG) de son soutien pour l'impression.



Avec la participation financière de

Québec

CRSNG
NSERC

Cégep
Sherbrooke