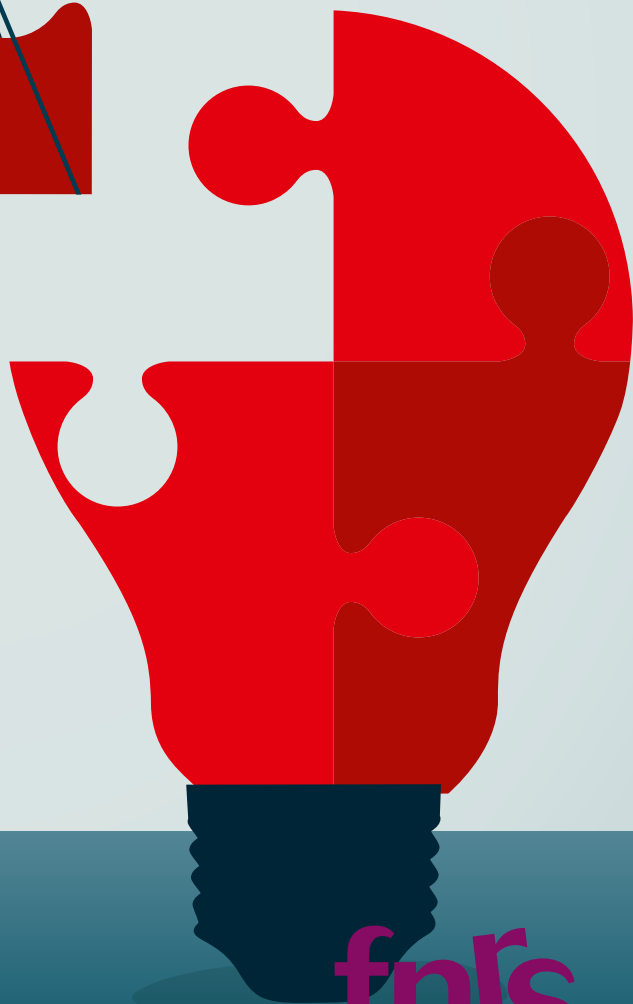
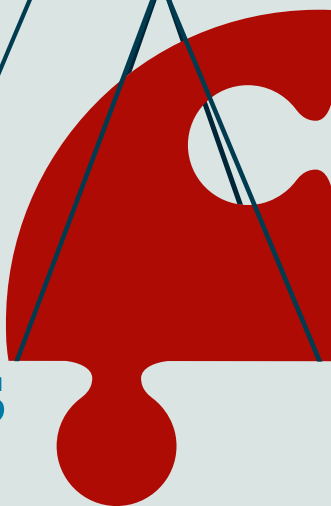


107
Décembre 2016

fnrs news

LE MAGAZINE DU FONDS DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE - FNRS - TRIMESTRIEL N°107 • Décembre 2016

Quand les
scientifiques
conseillent
les décideurs
politiques



DOSSIER

Quand les scientifiques conseillent les décideurs politiques

11

15 Sept super scientifiques pour conseiller la Commission européenne

16 Rémi Quirion scientifique en chef du Québec

PORTRAIT

Karine Van Doninck : du tennis à la recherche

18



GÉOPHYSIQUE

Des météorites aux planètes, un vaste champ de recherches

20

ÉCONOMIE

Enormes, complexes et interconnectés

22

BIOLOGIE

Notre horloge biologique stimule la réactivité des neurones

24

PSYCHOLOGIE

Comment le cerveau s'adapte au temps qui passe

26

PSYCHOLOGIE

Troubles anxieux : quand l'attention dérive...

30

BIOLOGIE

Le double jeu de Caulobacter face au cuivre

32



ECONOMIE

Pas rose, l'avenir de la Mer Noire !

34

PHYSIQUE

Enregistrer et manipuler le champ magnétique des supraconducteurs

36

BIOLOGIE

Quand les bactéries expulsent les antibiotiques !

38

PHYSIQUE

Mais est-ce bien le boson ?

40

PROJETS

101 projets de recherche financés grâce au Télévie 2016

42

fnrs news

fnrs news est édité par le Fonds de la Recherche Scientifique - F.R.S.-FNRS

Une version électronique de fnrs news est disponible sur le site www.frs-fnrs.be

Editeur en Chef : Véronique Halloin,
Secrétaire générale, rue d'Egmont 5 -
1000 Bruxelles

Rédacteur en Chef : Christel Buelens
christel.buelens@frs-fnrs.be

Rédaction : Audrey Binet, Christel Buelens, Pierre Dewaele, Marie-Françoise Dispa, Elise Dubuisson, Henri Dupuis, Violaine Jadoul, Philippe Lambert, Carine Maillard, Luc Ruidant, Frédéric Soumois, Jean-Paul Vankeerberghen, Alexandre Wajnberg

Réalisation : www.chriscom.eu



Remerciements :

La rédaction remercie celles et ceux qui ont contribué à l'élaboration des articles et des illustrations.



La reproduction des articles publiés n'est pas autorisée, sauf accord préalable du Fonds de la Recherche Scientifique F.R.S.-FNRS et mention de leur provenance.



fnrs

LA LIBERTÉ DE CHERCHER

Édito

Meilleurs voeux 2017

Dans beaucoup de secteurs, l'avis d'un expert scientifique indépendant est souvent un élément décisif à la prise de décision.

Certains pays ont déjà organisé de manière structurelle l'interconnexion entre politiciens et scientifiques. En mettant par exemple sur pied des structures indépendantes et transparentes qui permettent de tenir le monde politique informé des recherches scientifiques en cours et de leurs résultats. Ou encore en faisant jouer aux Académies ces rôles de relais.

En Belgique, la situation est loin d'être aussi claire. Des liens existent entre le gouvernement et les universités ou des organismes d'intérêt public (IWEPS, Bureau Fédéral du Plan, KCE, CRISP, etc.) mais en dehors d'un réel mécanisme de consultation scientifique.

Dans le même esprit de transparence, le FNRS a réalisé une réforme importante du fonds associé FRIA pour lequel de tout nouveaux jurys ont été constitués. C'est l'un d'eux que présidera Karine Van Doninck, professeur à l'UNamur, dont le parcours et les aspirations sont détaillés dans ce numéro.

Au fil des pages, doctorants ou scientifiques aguerris nous enseignent que chaque domaine de recherche est crucial et mène à des avancées notoires. Mais tout ceci ne serait possible sans financements. C'est pour cela que je voudrais une fois de plus remercier tous les bénévoles et les donateurs du Télévie. Grâce à leur incroyable générosité, 101 nouveaux projets ont pu être initiés.

Il me reste à vous souhaiter une bonne lecture, de joyeuses fêtes et une bonne année 2017.

Véronique Halloin
Secrétaire Générale F.R.S.-FNRS



News



L'INFLUENCE DE L'HORLOGE CIRCADIANNE SUR LE FONCTIONNEMENT CÉRÉBRAL

Une étude belge et britannique permet de comprendre par l'imagerie fonctionnelle comment le cerveau privé de sommeil se met à dysfonctionner. Les résultats montrent que de nombreuses régions cérébrales diminuent progressivement leur réponse en proportion de la durée de veille préalable, témoignant de l'accumulation du besoin de sommeil. Plus étonnant, la réponse de nombreuses aires cérébrales variait selon un cycle de 24 heures, suggérant la profonde influence de l'horloge circadienne sur le fonctionnement cérébral. Ces résultats permettent de mieux comprendre les effets délétères du décalage horaire, du travail posté (en pauses) sur les performances humaines, mais également ceux de pathologies nerveuses associées à des perturbations du sommeil, notamment les maladies neurodégénératives.

Science - Local modulation of human brain responses by circadian rhythmicity and sleep debt.

Pierre Maquet, PhD
Neurologie, GIGA-Centre de recherches du Cyclotron, ULg

++ <http://www.sciencemag.org>



DU POIL AU ROBOT

Les coléoptères possèdent sous leurs pattes des milliers de structures micrométriques élancées et flexibles semblables à des poils, qui leur permettent d'adhérer à toute surface grâce à une infime quantité de liquide présente à leur pointe. Une découverte d'une équipe internationale de chercheurs. L'insecte a développé une formule optimale car les forces d'adhésion dues à la capillarité lui permettent de s'adapter bien mieux aux rugosités des surfaces que s'il n'avait à sa disposition que les seules forces de friction solide-solide comme le gecko. Le but de ces recherches au-delà de la compréhension du phénomène : concevoir un mécanisme qui peut s'accrocher fortement et se détacher de manière très rapide : l'insecte fait des dizaines de pas par seconde et peut soutenir jusqu'à dix fois son poids ! L'idée est de pouvoir utiliser cela en robotique et en micromanipulation.

Journal of the Royal Society Interface - Elastocapillarity in insect fibrillar adhesion.

Sophie Gernay, PhD
Microfluidics Lab, ULg
BEAMS, ULB

++ <http://rsif.royalsocietypublishing.org>



QUAND OBSERVATION ET MODÉLISATION SE COMPLÈTENT

L'été 2016 est l'été le plus chaud jamais enregistré depuis que les scientifiques observent la planète. Face à ce constat, des chercheurs de diverses universités ont mis au point une approche innovante afin d'évaluer la fiabilité des moyens d'observation climatique, afin de comprendre ce réchauffement et tenter d'y remédier. Ce travail met en lumière la complémentarité des modèles climatiques et des réseaux d'observation, et propose un cadre novateur qui permettra de quantifier avec plus de cohérence la qualité des outils dont les scientifiques disposent pour informer les politiques face au défi climatique.

Science - Using climate models to estimate the quality of global observational data sets.

François Massonnet, PhD
Chargé de recherches F.R.S.-FNRS
Earth and Life Institute, l'UCL

++ <http://science.sciencemag.org/>

UNE APPROCHE PROMETTEUSE CONTRE LES INFECTIONS AIGUËS

Certaines bactéries sont devenues résistantes à la plupart des antibiotiques disponibles actuellement. Des voies alternatives comme inhiber la virulence des bactéries et les rendre inoffensives sont en cours d'investigation. Les chercheurs ont inhibé simultanément deux facteurs de virulence et ainsi protégé les souris contre une infection pulmonaire aiguë par *Pseudomonas aeruginosa* tout en modulant la réponse inflammatoire de l'hôte. Ces résultats prometteurs ouvrent la voie vers la recherche de molécules optimisées qui pourraient alors faire l'objet d'un développement préclinique.

Journal of Infectious Diseases- Inhibition of the Injectisome and Flagellar Type III Secretion Systems by INP1855 Impairs Pseudomonas aeruginosa Pathogenicity and Inflammation Activation.

Ahalieyah Anantharajah - aspirant F.R.S.-FNRS

F. Van Bambeke - maître de recherches F.R.S.-FNRS
Louvain Drug Research Institute, UCL



++ <http://jid.oxfordjournals.org/>

PRÉREQUIS POUR LA FORMATION DE MÉTASTASES

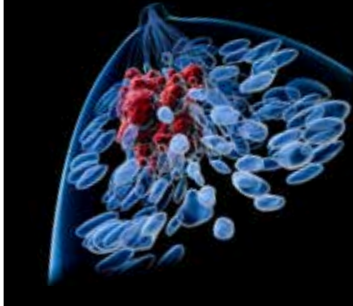
Une tumeur ne peut se développer sans des changements au niveau de l'expression des protéines. Des chercheurs ont mis en évidence que l'expression de deux enzymes, ELP3 et CTU1/2, requises dans le processus de la traduction des ARNs messagers, est augmentée dans certain cas de tumeurs mammaires. Ce qui suggère qu'elles sont requises pour le développement tumoral. Cette étude met en évidence une nouvelle voie de traitement des tumeurs du sein métastatiques.

The Journal of Experimental Medicine - Eip3 links tRNA modification to IRES-dependent translation of LEF1 to sustain metastasis in breast cancer.

Sylvain Delaunay, PhD
Aspirant F.R.S.-FNRS

Pierre Close, PhD
Chercheur qualifié F.R.S.-FNRS
GIGA, ULg

++ <http://jem.rupress.org>



L'HOLOGRAPHIE NUMÉRIQUE

En microscopie optique classique, la faible profondeur de champ rend difficile l'observation de phénomènes dynamiques dans des échantillons épais. Remédiant à cet inconvénient, l'holographie numérique offre une reconstruction en profondeur à partir d'un seul hologramme. Toutefois, un critère de netteté est nécessaire pour déterminer, parmi tous les plans reconstruits, celui qui contient l'image nette de l'objet. L'utilisation d'un éclairage polychromatique, rendant possible la microscopie holographique numérique en couleurs, a permis de développer un nouveau critère permettant la remise au net automatique des hologrammes enregistrés. Ce critère possède deux avantages majeurs : il ne nécessite aucune reconstruction préalable, ce qui rend la détection du plan de netteté très rapide ; il agit indépendamment de la nature de l'objet observé. La conjugaison de ces deux avantages est d'une importance capitale pour l'automatisation des analyses.

Optics Letters - Fast numerical autofocus of multispectral complex fields in digital holographic microscopy with a criterion based on the phase in the Fourier domain.

Jérôme Dohet-Eraly, doctorant
Aspirant F.R.S.-FNRS
Chimie physique, ULB

++ <https://www.osapublishing.org>

IMAGE AVANT REMISE AU NET

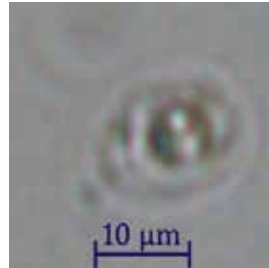


IMAGE NETTE (INTENSITÉ)

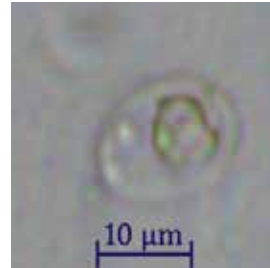
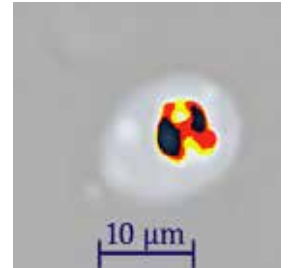


IMAGE NETTE (PHASE)



LEUCÉMIE : HÉTÉROGÉNÉITÉ CLONALE ET PRONOSTIC

La Leucémie Lymphoïde Chronique (LLC) est la leucémie d'adulte la plus fréquente dans le monde occidental et se caractérise par une hétérogénéité clinique : certains

patients ont une maladie agressive qui va nécessiter un traitement précoce tandis que d'autres patients ont une maladie plus indolente. Cette évolution peut être prédite par une sorte de « carte d'identité » du clone leucémique. Jusqu'à présent, les anciennes techniques de séquençage ne permettaient de distinguer qu'un seul clone leucémique par patient. Une équipe belgo-anglaise a marqué une avancée importante dans la caractérisation des sous-populations cellulaires leucémiques en analysant près de 500 patients. Ils ont mis en évidence qu'au moins 25% des patients atteints de LLC présentent plus d'un clone leucémique. La présence de ces différents clones leucémiques au sein d'un même patient, permet non seulement de définir 5 groupes de pronostic différents (au lieu de 2 auparavant), mais soulève également de nouvelles questions quant à l'origine de la leucémie au niveau d'une cellule souche donnant naissance à plusieurs clones indépendants.

Leukemia - Targeted deep sequencing reveals clinically relevant subclonal IgHV rearrangements in chronic lymphocytic leukemia.

Basile Stamatopoulos, PhD
Collaborateur scientifique F.R.S.-FNRS / Télvie
Laboratory of Clinical Cell Therapy, ULB

++ <http://www.nature.com/leu/>

UNE VOIE VERS DE NOUVEAUX ANTIVIRAUX



L'infection virale est initiée lorsqu'un virus se lie aux récepteurs de surface d'une cellule. Des scientifiques ont développé une méthode de microscopie permettant de mesurer ces interactions biologiques

dans des conditions physiologiques et de comprendre le mécanisme moléculaire de liaison. Cette nouvelle méthode pourrait à l'avenir être utilisée pour mesurer l'effet de molécules interférant avec l'entrée de virus et ainsi aider au développement de nouvelles molécules antivirales.

Nature Nanotechnology - Nanomechanical mapping of first binding steps of a virus to animal cells.

David Alsteens
Chercheur qualifié F.R.S.-FNRS
Bioscience Engineering & Institute of Life, UCL

++ <http://www.nature.com>

UN ANTIFONGIQUE CONTRE LE STAPHYLOCOQUE DORÉ



Dans cette étude, les scientifiques démontrent comment un médicament utilisé contre les infections fongiques rend une classe d'antibiotiques très efficaces vis-à-vis de biofilms à Staphylocoque doré. Le Staphylocoque doré est l'une des bactéries les plus redoutables en milieu hospitalier. Il cause des infections persistantes en formant des biofilms sur les cathéters,

prothèses, etc. et les fissus. Les biofilms, très difficiles à éliminer, sont des communautés de bactéries s'entourant d'une matrice adhésive et protectrice qui les rend réfractaires à l'action des antibiotiques et des défenses immunitaires. Les scientifiques ont mis en évidence que la caspofungine, un médicament antifongique peut détruire la matrice des biofilms afin de restaurer l'activité des antibiotiques. La synergie d'action entre les deux médicaments a pu être démontrée in vitro et in vivo sur des biofilms formés sur des cathéters et implantés à des souris. Ces résultats encourageants ouvrent de nouvelles pistes dans la lutte contre les infections graves affectant les patients hospitalisés.

Nature communication - The antifungal caspofungin increases fluoroquinolone activity against Staphylococcus aureus biofilms by inhibiting N-acetylglucosamine transferase.

Françoise Van Bambeke, PhD
Maître de recherches F.R.S.-FNRS
Louvain Drug Research Institute, UCL

++ <http://www.nature.com>



TRACER LES FLUX

Comment pouvoir tracer les flux de produits agricoles et forestiers, tels que le soja, la viande, l'huile de palme, etc., depuis la municipalité de production, en passant par les différents intermédiaires jusqu'au lieu de consommation ? C'est à présent possible grâce à TRASE (Transparency for Sustainable Economies), mis au point par une équipe de chercheurs et développeurs.

Cette plate-forme, libre d'accès, permettra d'identifier les acteurs responsables d'impacts tels que la déforestation dans les lieux de production, de vérifier les progrès effectués par les compagnies pour rendre leurs filières d'approvisionnement plus durables, et de créer des synergies en termes de gouvernance entre les territoires de production et les consommateurs.

Environmental Research Letters - Balancing detail and scale in assessing transparency to improve the governance of agricultural commodity supply chains.

Ecological Economics - Towards spatially-explicit footprint analyses: tracing fine-scale socio-environmental impacts of production to consumption.

Patrick Meyfroidt, PhD
Chercheur qualifié F.R.S.-FNRS
Earth and Life Institute, UCL

++ <https://trase.earth>

L'INTÉGRATION DES NOUVEAUX ARRIVANTS À BRUXELLES

En Belgique, la Région de Bruxelles-Capitale constitue la principale porte d'entrée de la migration internationale. Comme partout en Europe, l'enjeu de l'immigration et en particulier de son « après », à savoir l'insertion des nouveaux arrivants dans la société d'accueil, y est particulièrement sensible. Au sein de l'Etat fédéral belge, les entités fédérées ont mis en place des politiques d'intégration différentes. Récemment, celles-ci ont connu des bouleversements majeurs, en particulier à Bruxelles où le résultat est interpellant. En effet, des institutions différentes (potentiellement concurrentes) y sont compétentes et il existe, aujourd'hui, sur un même territoire, deux parcours d'intégration civique : un néerlandophone et un francophone. L'ambition de ce travail est de détailler ces politiques, en les inscrivant dans le contexte institutionnel bruxellois, particulièrement complexe. Il s'agit non seulement d'étudier et de comprendre le dédale institutionnel dans lequel ces politiques s'inscrivent, mais aussi de les décrire afin de les comparer. Ce puzzle institutionnel n'est pas sans conséquence pour les acteurs : que ce soit les autorités ou les migrants eux-mêmes.

Catherine Xhardez, doctorant
Aspirant F.R.S.-FNRS
CRESPO, USaint-Louis



++ <http://www.brusselsstudies.be>

UN TRAPPIST AU MAROC



TRAPPIST-Nord a été inauguré le 6 octobre dernier à l'Observatoire de l'Oukaimeden dans l'Atlas marocain en présence de scientifiques de l'Université Cadi Ayyad de Marrakech et d'astronomes de l'Université de Liège. TRAPPIST-Nord est le jumeau du télescope TRAPPIST-Sud qui a été installé en 2010 à l'observatoire de La Silla au Chili. Il a les mêmes objectifs que son prédécesseur : la détection et l'étude des exoplanètes et l'étude des comètes et d'autres petits corps du système solaire. Le nouveau télescope financé par l'ULg permet ainsi aux astronomes liégeois d'avoir depuis le mois de juin accès à l'ensemble du ciel nord et sud !

Emmanuel Jehin et Michaël Gillon
Chercheurs qualifiés F.R.S.-FNRS
Institut d'Astrophysique et
Géophysique, ULg

++ <http://www.ulg.tv/trappistnord>

LE RÔLE DES OISEAUX MIGRATEURS DANS LA PROPAGATION DE LA GRIPPE AVIAIRE

Au cours des années 2014-2015, un nouveau virus recombinant de la grippe aviaire du sous-type H5N8 s'est propagé très rapidement au départ d'un foyer d'épidémie situé en Corée du Sud. En quelques mois, ce virus s'est retrouvé sur trois continents, causant de nouveaux foyers en Europe et aux Etats-Unis. Cet événement rappelle la propagation rapide de la grippe aviaire de type H5N1 qui s'était déroulée en Europe et en Afrique en 2006.

En combinant une analyse phylogéographique, l'ensemble des données épidémiologiques des cas recensés en Europe, aux USA et en Asie, ainsi que des données portant sur la commercialisation internationale de la

volaille, ils arrivent à la conclusion que les oiseaux migrateurs ont joué un rôle clé dans cette propagation rapide.

Fig. 1 Reconstitution phylogéographique des localisations du virus H5N8 et de ses hôtes sauvages (« Wild ») et domestiques (« Dom ») en août 2014



Science - Role for migratory wild birds in the global spread of avian influenza H5N8.

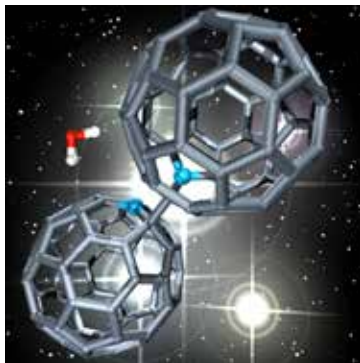
Marius Gilbert, PhD

Maitre de recherches F.R.S.-FNRS

Lutte biologique & Ecologie spatiale, ULB

++ <http://science.sciencemag.org/>

DES CRISTAUX DE C₆₀ COUVERTS DE GLACE, LE BERCEAU INTERSTELLAIRE DE LA VIE ?



C₆₀, la molécule rappelant la forme d'un ballon de football dont la découverte a conduit au Prix Nobel de chimie en 1996, a récemment vu son existence prouvée dans l'espace. Une nouvelle étude, effectuée par des analyses spectroscopiques de pointe, suggère que des couches de glace peuvent se former spontanément à la surface des cristaux constitués de molécules de C₆₀. Ces couches s'avèreraient stables même dans les conditions extrêmes de l'espace interstellaire. Cette nouvelle pièce du puzzle complexe qu'est la chimie

interstellaire intrigue. La molécule de C₆₀ absorbe parfaitement l'énergie des ondes ultraviolettes présentes en quantité dans le rayonnement des supernovae. Des molécules aptes à capter l'énergie, la présence d'une surface bidimensionnelle sur les cristaux de C₆₀ recouverte d'une couche superficielle de molécules d'eau, tout cela combiné suggère un environnement propice à la création de molécules plus complexes, telles que les acides aminés, éléments de base à toute vie.

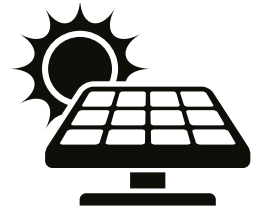
Scientific Reports - Spectromicroscopy of C₆₀ and azafullerene C_{59N}: Identifying surface adsorbed water.

Carla Bittencourt, PhD

Chercheur qualifié F.R.S.-FNRS

ChIPS lab, UMONS

++ <http://www.nature.com/articles/srep35605>



LE DÉFI DE L'AUTO-SUFFISANCE ÉNERGÉTIQUE

Pour des foyers auto-suffisants en énergie, stocker l'électricité fournie par des panneaux solaires reste toujours un défi. Une étude a réalisé des simulations qui révèlent que le taux maximal d'auto-suffisance des panneaux solaires ne serait que d'environ 40%. Pour dépasser ces 40%, le stockage de l'énergie semble être la solution. Mais l'ajout de batteries complémentaires au plomb entraînerait une augmentation considérable du prix de l'énergie. Des solutions de stockage énergétique récentes, telles que les batteries lithium-ion semblent être des voies prometteuses.

Applied Energy - Lead-acid batteries coupled with photovoltaics for increased electricity self-sufficiency in households.

Guilherme Silva, PhD

Aéro Thermo Mécanique, ULB

++ <http://www.journals.elsevier.com/applied-energy>



PLUS DE PLUIE, MAIS PAS PLUS D'INONDATIONS...

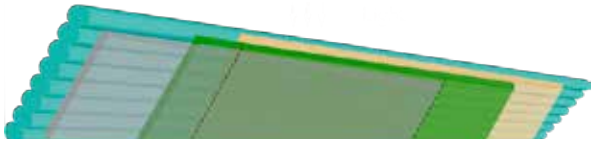
Le GIEC prévoit pour le futur plus de précipitations et donc plus d'inondations en Belgique. Cependant, en Ardenne, la majorité des débordements de rivières, telles que l'Ourthe, survient en hiver et près de la moitié d'entre eux est due à la combinaison fortes pluies/fonte rapide de la neige. Une reconstitution de l'évolution des précipitations et de l'enneigement en Belgique à l'aide du modèle climatique MAR, développé au Laboratoire de Climatologie de l'ULg, montre que les conditions hydroclimatiques favorisant les inondations hivernales ont diminué en Ardenne au cours de ces cinquante dernières années. La raison ? Une diminution significative de l'accumulation neigeuse et de la durée de la saison d'enneigement. Dans le futur, cette diminution de l'enneigement pourrait ainsi contrebalancer l'augmentation annoncée des précipitations de sorte qu'il n'y aurait pas plus d'inondations en hiver qu'actuellement.

International Journal of Climatology - Decrease in climatic conditions favouring floods in the south-east of Belgium over 1959-2010 using the regional climate model MAR.

Coraline Wyard, doctorante

FRIA F.R.S.-FNRS

++ <http://onlinelibrary.wiley.com/journal/>



UNE AMÉLIORATION DE TAILLE DES CELLULES PHOTOVOLTAÏQUES

L'accès à l'énergie est un besoin primaire et un défi tant politique, social, qu'environnemental. Le photovoltaïque constitue une voie prometteuse de production propre d'électricité. Néanmoins, de nombreux efforts de recherche sont encore nécessaires. Il s'agit notamment de concevoir des cellules photovoltaïques capables d'absorber efficacement la lumière du soleil sur un spectre de fréquences aussi large que possible.

Pour améliorer la « moisson lumineuse », les expérimentateurs ont réalisé un réseau de cylindres imbriqués. Le réseau de cylindres, confectionné à partir de fibres optiques soudées entre elles, se trouve donc entre la source de lumière et la cellule solaire proprement dite. Résultat : une augmentation du rendement de 30% par rapport à une cellule identique dépourvue d'un tel réseau.

Light, Science & Applications Intermittent chaos for ergodic light trapping in a photonic fiber plate.

Gregory Kozyreff, PhD
Département de Physique, ULB

++ <http://www.nature.com/lsa/index.html>



LE RECYCLAGE, PAS TOUJOURS LA SOLUTION

Cette étude s'intéresse au cas d'une petite ville vietnamienne de la banlieue de Hanoi, qui s'est progressivement spécialisée dans la transformation du plastique, entre recyclage familial et industrie plasturgique normalisée. La petite ville de Nhu Quynh, à la fois prospère et dégradée, attractive et décriée devient un cas intéressant pour questionner les modalités du développement local. Le travail propose d'identifier quelques raisons socioéconomiques et politiques entraînant des dégradations environnementales, en mettant en avant la pluralité de points de vue des personnes affectées par ces dégradations. Au fil des positions contradictoires exprimées au sujet de l'industrialisation de Nhu Quynh, une nouvelle controverse semble émerger, liée à la situation contemporaine du Vietnam. L'industrialisation du recyclage permet de reconstituer l'affrontement des deux blocs, socialiste et capitaliste, car les habitants, qui reproduisent cette dichotomie dans leurs discours, mettent en relation leurs histoires singulières avec la grande histoire, et questionnent les effets du développement économique à l'œuvre.

Mouvements - Controverse autour du recyclage du plastique.

Mkaëla Le Meur, doctorant
Aspirant F.R.S.-FNRS
LAMC, ULB

++ <http://mouvements.info/controverse-recyclage-plastique/>

L'INTIMITÉ DANS LA RELATION AMOUREUSE ADOLESCENTE

À l'adolescence, les relations amoureuses sont une étape développementale majeure dans le rapport à l'autre. Ces relations (re)questionnent l'attachement aux parents et voient naître l'attachement aux partenaires amoureux : tous deux mobilisent une dynamique de sécurité et d'autonomie. Ces relations impliquent aussi l'intimité, où se jouent proximité et individualité. Le travail de recherche interroge les modalités sécure, anxieuse et évitante des attachements parental et romantique en lien avec l'intimité, et trois caractéristiques de la relation amoureuse adolescente. L'analyse des résultats montre que l'attachement parental et l'attachement romantique sont liés à la peur de l'intimité, et que l'attachement romantique a une part explicative dans le nombre de relations amoureuses adolescentes. Les modalités d'attachement (sécure, anxieuse, évitante) et les différences de sexe caractérisent également ces résultats.

Annales Médico-psychologiques, revue psychiatrique - Fear of intimacy in teen dating: Parental and romantic attachments' involvement.

Audrey Courtain, doctorante
FRESH F.R.S.-FNRS
Clinique de la Délinquance, ULg

++ <http://www.sciencedirect.com/science/>




PRIX

**PRIX EUGÈNE
YOURASSOWSKY 2016**

Ce prix, récompensant une thèse de doctorat dans le domaine de la microbiologie médicale et les maladies infectieuses, a été attribué à Gilles Vanwalleghem (ULB- EMBO long-term Fellow - The University of Queensland, Australie) pour son travail sur l' « Adaptation de *Trypanosoma brucei* aux protéines de l'immunité innée TNF- α et ApoL-1 ».


**PRIX SCIENTIFIQUE
MACKINSEY & COMPANY
2016**

Ce prix récompense Benoît Pardoën (ULg - Postdoctoral Researcher - Université Laval, Canada) pour sa thèse de doctorat portant sur « Hydro-mechanical analysis of the fracturing induced by the excavation of nuclear wasterepository galleries using shear banding ».


**IBM INNOVATION
AWARDS 2016**

Ce prix récompense Sandrine Brognaux (UCL-UMONS) pour sa thèse de doctorat traitant de « Expressive speech synthesis : research and system design with hidden Markov models ».



À LIRE

Autour de l'entretien d'artistes



Genre de caractère hybride, oral destiné à être transcrit, l'entretien n'en est pas moins une source essentielle pour saisir le discours de l'artiste. L'artiste s'exprime et s'explique tant pour son public contemporain que futur. En plus de sa valeur didactique et de sa fonction de médiation, l'entretien pose également la question de l'élargissement du statut de l'artiste.

Entretiens d'artistes. Poétique et pratiques – Laurence Brogniez et Valérie Dufour. Ed. Vrin, 2016. 280 pages.

La vie musicale en Belgique durant la Seconde Guerre Mondiale



De l'émergence des tensions politiques aux purges de l'après-guerre, cet ouvrage montre une première vision collective de l'activité musicale abondante qui a marqué cette période particulièrement sombre de l'histoire belge.

Musical Life in Belgium During the Second World War - Brent Murray avec Valérie Dufour et Marie Cornaz. Ed. Revue belge de musicologie, 2015.

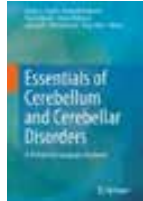
Analyse critique du financement public des cultes et des organisations philosophiques



L'ouvrage propose un éclairage juridique nouveau et critique sur le financement public des cultes et des organisations philosophiques non confessionnelles au regard des principes de droit constitutionnel, européen et international qui s'imposent à la Belgique, ainsi qu'en tenant compte un triple phénomène caractérisant les sociétés contemporaines, à savoir les phénomènes de la sécularisation, de la multiplication des croyances et de l'individualisation des sociétés.

Le financement public des cultes et des organisations philosophiques non confessionnelles – Stéphanie Wattier. Ed. Bruylant, 2016. 135 pages.

Le premier ouvrage destiné aux étudiants couvrant l'ensemble des aspects des maladies du cervelet



Cet ouvrage fournit une base solide dans le domaine de la recherche cérébelleuse et de l'étude des troubles de l'équilibre. Il sert de tremplin pour une appréciation plus en profondeur tant au niveau de la compréhension des principes qu'au niveau de la complexité de la neurobiologie cérébelleuse.

Essentials of Cerebellum and Cerebellar Disorders - A Primer For Graduate Students – Gruol, D.L., Koibuchi, N., Manto, M., Molinari, M., Schmahmann, J.D., Shen, Y. Ed. Springer, 2016. 656 pages.

L'évolution du petit commerce en Belgique depuis la fin de la Seconde Guerre Mondiale

L'éclairage tient compte des différents aspects de l'évolution de la consommation et de leurs conséquences. Les conclusions mettent en cause de nombreuses idées reçues. Elles montrent ainsi que, si le nombre de commerces de proximité a fortement diminué en 70 ans, le secteur a paradoxalement connu une importante croissance en termes de chiffre d'affaires, de superficie et d'emploi.

Les causes de la disparition des petits commerces (1945-2015) - Jean-Pierre Grimmeau et Benjamin Wayens. Ed. CRISP, Courrier hebdomadaire, n° 2301-2302, 2016. 112 pages.

Rousseau et la « déconstruction »



Inaugurées par Jacques Derrida dans De la grammatologie en 1967, les études consacrées à Jean-Jacques Rousseau par les penseurs de la déconstruction ont été multiples, comme si cet auteur du XVIII^e siècle était une sorte de passage obligé ou bien se prêtait de bonne grâce à une approche « déconstructive ».

La machine Rousseau - Michel Lisse. Ed. Hermann, coll. « Le bel aujourd'hui », 2016. 111 pages.

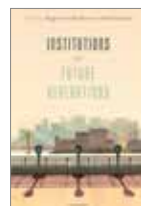
Le thymus : un rôle unique dans l'éducation du système immunitaire



Il apparaît que l'ocytocine, une neurohormone cérébrale, est synthétisée dans le thymus mais qu'elle n'y est pas sécrétée. Ce comportement particulier de l'ocytocine thymique amène l'auteur à démontrer que la présentation des peptides du soi neuroendocrine dans le thymus joue un rôle unique dans la programmation de la tolérance immunitaire vis-à-vis du système neuroendocrine. L'extension de ce nouveau concept à d'autres familles d'hormones lui permet de proposer une nouvelle compréhension de la pathogénie du diabète insulino-dépendant.

Voyage[s] à travers le thymus - Vincent Geenen. Ed. Presses Universitaires de Liege, 2016. 151 pages.

Analyse des propositions institutionnelles visant à prendre au sérieux les intérêts des générations futures



Cet ouvrage se concentre sur des propositions institutionnelles visant à prendre plus au sérieux les intérêts des générations futures. Il le fait sous l'angle de la philosophie politique appliquée, en étant explicite sur les choix normatifs sous-jacents et les derniers développements dans les sciences sociales. Il fournit le corpus de connaissances nécessaires pour comprendre quelles sont nos options institutionnelles et ce qu'elles impliquent si nous sommes préoccupés par le court-termisme excessif d'aujourd'hui.

Institutions For Future Generations - Iñigo González-Ricoy and Axel Gosseries. Ed. Oxford University Press, 2016. 448 pages.

Etude de la Kabbala denudata, la plus vaste anthologie de textes kabbalistiques jamais publiée en latin



La présente étude s'attache, dans un premier temps, à redéfinir la notion de « kabbale chrétienne », malmenée par la recherche scientifique et grevée de nombreux a priori, en adoptant des points de vue nuancés, poussant l'interrogation au-delà de l'apparence. Dans un deuxième temps, le contenu de la Kabbala denudata est examiné de manière approfondie, pour en révéler les enjeux et les interactions avec la philosophie du XVII^e siècle.

À L'OMBRE DE LA KABBALA Philologie et ésotérisme au XVII^e siècle dans l'oeuvre de Knorr von Rosenroth - Vilenno Anna Maria. Ed. Honoré Champion, 2016. 282 pages.

La coopération Sud-Sud

La coopération Sud-Sud : le cas de la Chine en Afrique et en Amérique latine - Sophie Wintgens. Ed. Zacharie, A. (dir.), La nouvelle géographie du développement, Bruxelles, Editions Le bord de l'eau, coll. « La Mulette », 2016. 157-173 pages.

La sextine, le ghazal, le sonnet amoureux, le distique héroïque et la ballade



Cette étude accorde une attention renouvelée à ce que les auteurs disent et à ce que leurs formes poétiques révèlent, soucieux de ne pas perdre de vue que les formes qu'ils utilisent contreviennent parfois à leurs assertions partisans, leurs usages politiques et esthétiques variant en fonction des contextes et des exigences.

Questions de possibilité - Poésie contemporaine et forme poétique - David Caplan. Ed. Presses universitaires de Liège, 2016. 154 pages.

Au sujet des « Sources du droit »



À la base de tout raisonnement juridique, les sources du droit sont omniprésentes dans le discours des juristes. C'est même de la manière dont elles sont présentées que dépend l'issue d'un procès. Or, le précédent doit-il l'emporter sur la coutume ? La doctrine le cède-t-elle au précédent ? Comment articuler ces sources entre elles ?

Les sources du droit - Stefan Goltzberg. Ed. PUF, Que Sais-je?, 2016.

Etude des mouvements sociaux



Les mouvements sociaux de ce début de siècle ne se résument pas aux grandes mobilisations pour la démocratie couvertes par les médias occidentaux. Les contributions à cet ouvrage montrent que c'est souvent au niveau local et loin des projecteurs des médias que se déploient les mouvements d'aujourd'hui.

Mouvements sociaux, quand le sujet devient acteur - Brieg Capitaine, Geoffrey Pleyers. Editions de la Maison des sciences de l'homme, 2016. 288 pages.

La construction de soi et la culture militante



Mobilisés dans des mouvements pour plus de démocratie ou pour une transition écologiste, de nombreux jeunes redéployent une culture militante « alteractiviste » qui place la relation à soi au cœur de l'engagement. Cet article montre qu'ils fondent le sens de leur action dans la construction de soi comme sujet et la cohérence entre leurs valeurs et leurs pratiques bien plus que dans des organisations militantes, des manifestes, ou l'impact de leur action dans la société.

Engagement et relation à soi chez les jeunes alteractivistes - Geoffrey Pleyers. Ed. Sciences Po La Presse, 2016. 160 pages.

AGENDA

Nanoscale Materials for Warfare Agent Detection : Nanoscience for Security	13-16 fév. 2017	Finlande	http://trmm.aalto.fi/
Embarquement pour Mars	12 janv 2017	Liège	https://www.ulg.ac.be/upload/docs/application/pdf/2016-08/brochure_esp_univ_ulg.pdf



A close-up photograph of a person's hand pointing at a document. The document has the word 'RATEGY' written on it. The person is wearing a blue and white striped shirt. In the background, another person is holding a coffee cup. There are yellow sticky notes on the desk.

Quand les scientifiques conseillent les décideurs politiques

Pour les aider dans leurs décisions, les gouvernements anglais et québécois notamment ont nommé un scientifique en chef. Il est chargé de faire le relais entre le monde politique et la communauté scientifique. En Belgique, le recours aux scientifiques dépend des domaines. Analyse.



Pr Jean-Christophe Renaud, UCL

Santé, économie, environnement : les gouvernements doivent prendre des décisions dans des domaines très divers. Pour y parvenir, ils sont entourés et aidés par leurs cabinets et leurs administrations qui les conseillent sur les points techniques. Certains pays ont décidé de nommer en outre une personne ressource : le scientifique en chef qui se charge de faire le relais entre les politiques et les scientifiques du pays à même de conseiller le gouvernement. Cette fonction a été créée outre-Manche et a depuis été étendue à d'autres pays comme la Nouvelle-Zélande, l'Australie, l'Afrique du Sud, la Malaisie ou encore le Québec (voir plus loin la rencontre avec le scientifique en chef du Québec, Rémi Quirion).

En Belgique, une telle fonction n'existe pas. Ce qui n'empêche que, dans certains domaines, les scientifiques soient régulièrement consultés. « Pour le moment, je travaille sur la transformation des

programmes de dépistage de la trisomie 21 en médecine fœtale. Le CHU de Liège travaille énormément là-dessus », raconte Catherine Fallon, chargée de cours à l'ULg, spécialisée en évaluation des politiques publiques et gestion des risques. « Et les contacts sont étroits entre le généticien du CHU et les politiques », note-t-elle.

« Dans le domaine de la santé, il y a de fortes interpénétrations entre les représentants professionnels, ceux de l'INAMI et ceux de l'Etat. Je n'irai jamais dire que les scientifiques sont loin des politiques », déclare la chercheuse. « Les deux acteurs travaillent déjà ensemble. Et du côté de la médecine vétérinaire, c'est la même chose », poursuit-elle.

Jean-Christophe Renaud, prorecteur à la recherche à l'UCL constate également l'existence de cette collaboration au niveau de la santé. Cela passe notamment par l'Académie de Médecine, « une

assemblée de sages », qui est consultée dans le cadre de « politiques de santé publique », note-t-il. « La ministre leur demande leur avis. Je ne suis pas sûr que ce soit la même chose pour les autres thématiques. Pourtant, l'Académie royale compte différentes classes rassemblant une expertise qui pourrait être mise à contribution », poursuit-il.

Des liens existent dans des domaines clés

Il existe une « tradition de liens entre certaines universités, mouvements sociaux et certains partis. Il y a également des liens entre le monde de la recherche et le monde politique, estime pour sa part Jean-Benoit Pilet, Professeur de sciences politiques à l'ULB. Les demandes d'éclairage de la part du monde politique existent depuis longtemps. Et les décisions politiques, depuis plusieurs décennies, sont appuyées sur les comités d'avis (en matière de bioéthique ou de risques environnementaux par



Pr Catherine Fallon, ULg

« On a un dossier politique et on va voir les scientifiques. Les politiques vont chercher ce dont ils ont besoin. Ils ne se disent pas : on a telle recherche scientifique et on va voir ce qu'elle peut nous apporter. »



du monde scientifique », reconnaît-il. Actuellement, cela se passe de cette manière : « on a un dossier politique et on va voir les scientifiques. Les politiques vont chercher ce dont ils ont besoin. Ils ne se disent pas : on a telle recherche scientifique et on va voir ce qu'elle peut nous apporter », analyse le Professeur de l'ULB.

Et tout comme ses collègues, il note que « certains secteurs sont plus avancés que d'autres ». C'est le cas, nous le disions, en matière de bioéthique, santé ou environnement. « Il y a d'autres domaines pour lesquels c'est nettement moins structuré. C'est le cas des enjeux sociaux et économiques ou de la structure du système politique lui-même. Cette différence est liée à la conception que le politique a de l'enjeu. Pour des questions techniques, on va davantage institutionnaliser le recours aux experts. De manière à dépolitiser l'enjeu. C'est le cas dans la lutte contre le cancer par exemple. Alors que s'il y a une opposition entre valeurs, on estime pas nécessaire le recours aux experts », déclare Jean-Benoit Pilet.

Mais, même dans le cas où les collaborations existent, la transmission d'informations n'est pas toujours optimale. Catherine Fallon a pu l'observer dans le cadre

d'un projet financé par Belspo sur la qualité de l'air. Une analyse a été réalisée pour évaluer la manière dont l'expertise scientifique passait entre les administrations, les cabinets... Et les administrations ont fait savoir qu'elles « connaissaient bien les scientifiques mais qu'elles ne parvenaient pas à faire passer les messages de ceux-ci aux cabinets », confie Catherine Fallon. Il y aurait donc des choses à améliorer de ce côté-là.

Le cas du Royaume-Uni

Au Royaume-Uni, pour s'assurer que l'information parvienne bien aux cabinets, il y a des « scientific advisers au sein de chacun d'entre eux ainsi qu'un au sein du cabinet du Premier ministre », explique Catherine Fallon. Mais pour la chargée de cours, les systèmes qui prévalent au Royaume-Uni ou au Québec ne sont pas simplement transposables à la Belgique puisque le système (fédéral) belge est différent. « Au niveau francophone, faut-il un « chief scientific officer » au niveau de chaque Région? Ou un seul ? », s'interroge Catherine Fallon.

« Par contre, au Royaume-Uni, ils sont en train de remettre à jour les guidelines. Ils se demandent dans quelle thématique il est nécessaire d'avoir des avis scien-

tifiques. Cette réflexion n'existe pas chez nous », observe Catherine Fallon.

Il conviendrait pourtant, avant de transposer la fonction de scientifique en chef, de poser un diagnostic : « qu'est-ce qu'on cherche à améliorer ? Il y a déjà beaucoup d'organismes (comme le Conseil supérieur de la santé par exemple) qui proposent des rapports au gouvernement », affirme Catherine Fallon.

Pour Jean-Christophe Renaud, il faudrait utiliser davantage les structures existantes. « On pourrait aussi imaginer que le secrétaire perpétuel de l'Académie serve d'avis en chef », déclare-t-il. « Son rôle serait de formuler des avis. Les politiques peuvent ensuite aller contre. Cela me semble sain : c'est la démocratie ».

« Le problème, c'est qu'il faudrait déterminer si cet avis en chef doit être francophone ou néerlandophone. S'il doit venir de Liège, Mons ou Bruxelles. Il faut aussi trouver un scientifique de haut vol qui soit prêt à s'investir dans ce genre de mission qui n'est pas directement lié à la recherche scientifique », déclare le prorecteur.

Malgré ces difficultés, Jean-Christophe Renaud estime qu'il serait intéressant d'avoir un scientifique en chef. Mais pré-

exemple). Il y a donc bien une tradition et même parfois une institutionnalisation à ce niveau. »

C'est le cas du KCE (Centre fédéral d'expertise des soins de santé) ou encore du Bureau du plan. Le gouvernement peut se baser sur les rapports du premier pour justifier ses décisions au niveau de la politique de santé. Et sur le second en matière de politique économique, sociale et environnementale.

Cependant, il s'agit « d'une tradition qui existe lorsque les politiques ont décidé d'agir. Ce qui n'existe pas, c'est un mécanisme qui permettrait au monde politique d'aller chercher du matériel qui viendrait

« Il y a aussi la question de la concurrence entre universités. Elle n'est pas propre à la Belgique mais elle y est fortement marquée. »



vient : « il faudrait qu'il ait une légitimité. J'imagine mal qu'il soit nommé par un ministre par exemple ».

Le mille-feuille belge, une opportunité

« Le système fédéral belge est un mille-feuille, admet Jean-Benoit Pilet. Par exemple, la Région flamande travaille de manière étroite avec les universités via son service d'étude. Les régions wallonne et bruxelloise n'ont pas cela. La Région wallonne travaille avec une agence annexe (l'WEPS). On va se dire que le modèle est compliqué. Mais cela peut être une source d'innovation. C'est peut-être l'occasion d'avoir un système plus efficace, d'avoir des administrations plus petites et plus performantes. »

Et de poursuivre : « Il y a déjà des initiatives mises en place. On verra quelle pratique fonctionne. Si un exemple est vécu comme très efficace, il peut se diffuser aux autres régions. Mais il faut aussi que le monde scientifique se regarde ».

En effet, le problème ne vient pas uniquement du fait que « les politiques ne veulent pas regarder les scientifiques », souligne Jean-Benoit Pilet. Il y a aussi la question de la concurrence entre universités. Cette concurrence n'est pas propre à la Belgique mais elle y est fortement marquée. Or, le scientifique en chef devrait bien venir de quelque part. En faut-il trois dès lors ? Ou six ? En faut-il un Flamand catholique et un non catholique ? Un Wallon mais de Liège, de Louvain-la-Neuve... Côté flamand, cette compétition existe mais la volonté de la dépasser afin

d'avoir un ancrage du monde scientifique au niveau politique est plus forte que du côté wallon. »

Centraliser les demandes

Dans les pays qui en possèdent, le scientifique en chef se charge de centraliser les demandes du politique et de contacter les chercheurs les mieux placés pour y répondre. En Belgique, ce travail est effectué par les services de communication mis en place par les différentes universités.

« Comme les politiques sont souvent dans l'urgence, les services de communication n'ont pas toujours la possibilité de repérer la bonne personne. Alors il est vrai que la notoriété de certaines personnes peut jouer. On va peut-être davantage se tourner vers cette personne dont ce n'est pas exactement le champ de recherche alors qu'il y a peut-être un chercheur plus jeune qui s'y connaît mieux », déclare Jean-Benoit Pilet.

« Au Québec, ils ont une personne qui s'occupe de trouver les bons experts et qui est à l'écoute de ce qui se fait et qui pourrait profiter au monde politique. En Belgique, ce n'est pas le cas. Les recherches scientifiques viennent-elles nourrir le débat ? Même si l'on prend les études financées par l'Etat, ce n'est pas très clair. Avoir une personne qui gère cet aspect pourrait être une piste », poursuit-il.

Lobbying ?

L'intégration du monde scientifique au débat politique s'inscrit dans une réflexion qui se met progressivement en œuvre, selon Jean-Benoit Pilet. Cela répond à une

vision plus horizontale du pouvoir dans laquelle le politique n'est plus le seul acteur. Une vision qui se demande comment intégrer la société civile ou encore les citoyens qui ne font pas partie de la société civile au débat politique. La consultation du monde scientifique « participe de cette réflexion », souligne Jean-Benoit Pilet.

L'intégration du monde scientifique au niveau du politique, par l'intermédiaire du scientifique en chef comme cela se fait dans d'autres pays est à considérer comme une collaboration et non comme un travail de lobbying.

« Je n'appellerais pas ça un lobby. C'est plutôt un service public. Le but n'est pas de défendre des intérêts particuliers mais de présenter un avis, une synthèse », Jean-Christophe Renaud.

Jean-Benoit Pilet ne parle pas de lobby non plus en ce qui concerne le monde scientifique. « Si on se base sur la définition du lobbying qui est d'avoir des acteurs qui développent des stratégies pour obtenir des décisions politiques en leur faveur, il ne s'agit pas de cela. Ici, le but est d'informer sur les enjeux. Est-ce que cela leur bénéficie ? Je ne sais pas. Ce serait le cas si on parlait de refinancement de la recherche. Dans cette situation-là, le monde scientifique fait du lobbying. Ça c'est une chose. Une autre chose est de mettre à l'agenda des préoccupations. Comme le rôle des médias sociaux sur la vaccination ».

« Le but n'est pas de défendre des intérêts particuliers mais de présenter un avis, une synthèse. »



Pr Jean-Benoit Pilet, ULB

Violaine Jadoul



Sept super scientifiques pour conseiller la Commission européenne

Le « high level group » est chargé de formuler des avis indépendants sur des enjeux tels que le glyphosate.

Au niveau européen, il existait un « chief executive officer » au sein de la Commission. Mais le système a changé et compte désormais sept personnes. Sept scientifiques de haut niveau provenant de divers Etats membres et réunis dans un groupe nommé « High level group ».

« *Je ne sais pas combien de temps cela va tenir mais c'est tout à fait nouveau cela* », note Catherine Fallon, chargée de cours à l'ULg, spécialisée en évaluation des politiques publiques et gestion des risques. Le mandat des sept membres est de 2,5 ans avec un renouvellement possible.

Ces scientifiques sont chargés de fournir à la Commission des avis scientifiques indépendants sur des questions politiques spécifiques. Et d'aider la Commission à identifier des sujets sur lesquels il est nécessaire d'avoir un avis scientifique indépendant.

A la demande de la Commission, la première problématique sur laquelle le groupe s'est penché était la réduction de l'écart entre les émissions en CO₂ des petits véhicules utilitaires en conditions réelles et lors des tests en laboratoire. Ensuite, le groupe s'est prononcé sur l'utilisation du glyphosate. Enfin, le groupe travaille actuellement sur la cybersécurité et plus précisément sur la question des identités numériques en vue de la constitution d'un marché numérique unique. Leur avis est attendu pour début 2017.

Pour chacun des sujets, les scientifiques doivent se baser sur les preuves scientifiques les plus récentes. Les sept personnes du High level group sont : Janusz Bujnicki, Professeur en bioinformatique à l'« International Institute of Molecular and Cell Biology in Warsaw » (Pologne), Pearl Dykstra, Professeur en sociologie à l'« Erasmus University » (Pays-Bas), Elvira

Fortunato, professeur à la « New University of Lisbon » (Portugal), Rolf-Dieter Heuer, Directeur-général du CERN (Suisse), Julia Slingo, scientifique en chef au Met Office (service national britannique de météorologie) (Grande Bretagne), Cédric Villani, directeur de l'Institut Henri Poincaré (France) et Henrik C. Wegener, vice-président de l'Université technique du Danemark.

V. JA.

« Ces scientifiques sont chargés de fournir à la Commission des avis scientifiques indépendants sur des questions politiques spécifiques. »

Rémi Quirion

scientifique en chef du Québec

1 MILLION D'EUROS
 Pour 4 projets de coopération entre le FNRS et son équivalent québécois.



Pr Rémi Quirion

« L'objectif majeur est d'avoir une personne relais entre la communauté de chercheurs et le gouvernement. Cette personne pourra dire au gouvernement que tel ou tel chercheur dans cette université-là pourra le renseigner sur un sujet donné. »

Son rôle est de faire le relais entre le gouvernement et la communauté de chercheurs.

Rémi Quirion est scientifique en chef au Québec depuis 2011. Une fonction qui existe dans très peu de pays et dont le concept vient du Royaume-Uni. Il s'est ensuite étendu à l'Australie et à la Nouvelle-Zélande. « *Les gouvernements au niveau francophone ne sont pas habitués à cela* », observe Rémi Quirion.

Au Québec, la fonction a été instituée par la ministre de l'Innovation qui, lors d'une rencontre à l'étranger a découvert le principe de scientifique en chef et a décidé qu'elle en voulait un. « *L'objectif majeur est d'avoir une personne relais entre la communauté de chercheurs et le gouvernement. Cette personne pourra dire au gouvernement que tel ou tel chercheur dans cette université-là pourra le renseigner sur un sujet donné* », explique Rémi Quirion.

Le rôle du scientifique en chef est de voir comment influencer les décideurs politiques en leur donnant des arguments plus solides. Mais le but est également de conseiller la ministre de l'Economie, de la Science et de l'Innovation en ce qui concerne le développement de la recherche et de la science au Québec.

En tant que scientifique en chef, Rémi Quirion préside aussi les trois fonds de recherche du Québec (Nature et technologies, Santé, Société et culture). « *Il y a donc un seul interlocuteur pour parler du budget. Le but de l'interlocuteur unique est aussi de faire en sorte que les chercheurs travaillent davantage ensemble de manière multidisciplinaire pour relever les grands défis sociétaux* », souligne-t-il.

Avant d'être nommé scientifique en chef, Rémi Quirion était connu comme cher-

« Le lien avec le politique n'est pas toujours sain mais le fait d'avoir un seul interlocuteur facilite les interactions. »

cheur en médecine et renommé mondialement pour ses recherches en neurosciences. Notamment en ce qui concerne la maladie d'Alzheimer. Il était entre autres postes Professeur de psychiatrie à l'Université McGill.

Conseiller et non décider

Son rôle de scientifique en chef diffère à bien des égards de celui de chercheur. Ainsi, le premier a un rôle d'aviseur du gouvernement ; pas de décideur. « Tu essayes

de faire un document convaincant mais in fine ce n'est pas toi qui décides, confie Rémi Quirion. C'est une grande différence par rapport au monde de la recherche. Ici, je formule un avis que je transmets aux politiciens mais ce sont les élus qui décident. » Et le scientifique trouve cela tout à fait normal. « L'avis scientifique est important mais ce n'est pas le seul », estime-t-il.

L'autre grande différence concerne les délais. « Les échéances sont plus courtes. Il faut être capable de réagir rapidement.

La nature politique fait aussi que les élus espèrent des retours avant la prochaine échéance électorale. Mais ce gouvernement semble prêt à réfléchir à plus long terme. Il met ainsi l'accent sur la recherche fondamentale », déclare Rémi Quirion.

Le scientifique en chef travaille pour le ministre de l'Economie mais sa nomination n'est pas politique. Le gouvernement peut donc changer ; le scientifique en chef, lui, demeure. Ce n'est pas le cas dans tous les

pays. Ainsi, aux Etats-Unis, l'aviseur scientifique est nommé par le politique. Il est donc lié à Obama. Pour autant, au Québec, le scientifique en chef est-il libre dans ses mouvements et positions ? « Le lien avec le politique n'est pas toujours sain mais le fait d'avoir un seul interlocuteur facilite les interactions », analyse Rémi Quirion. Pour ce qui est des thèmes et dossiers sur lesquels il travaille, « il y a des avis demandés par le gouvernement. Ces documents ne sont pas publics. Le reste l'est ».

Un poste à inventer

Le mandat de scientifique en chef au Québec est de cinq ans, renouvelable. En 2016, Rémi Quirion a été confirmé à son poste pour un nouveau cycle. Comme nous le disions, cette fonction de scientifique en chef est assez rare au niveau mondial. Des réunions rassemblent à l'occasion les différents scientifiques en chef du monde. « Nous ne sommes vraiment pas beaucoup aujourd'hui. Quand nous nous réunissons, nous sommes six. Pour moi, l'important est qu'il y ait une relève dans ce secteur », déclare Rémi Quirion.

« J'avais déjà organisé une petite réunion il y a près de trois ans pour voir s'il était possible de créer un réseau, de partager nos techniques et de former la relève », raconte Rémi Quirion.

La difficulté c'est que le poste est un peu à inventer. Il n'existe pas de formation ad hoc et le poste n'est ni strictement scientifique ni politique mais quelque part entre les deux. « La diplomatie scientifique s'apprend sur le côté. Ce sont des chercheurs qui se forment de leur côté », note Rémi Quirion.

C'est pour réfléchir à ces questions ainsi qu'aux rôles et à la nécessité des scientifiques en chef qu'une réunion a eu lieu à Bruxelles à la fin septembre. Elle était intitulée : « Science & Policy making : towards a new dialogue ». (www.ingsa.org)

Étaient présents les scientifiques en chef de Nouvelle-Zélande, d'Australie, d'Afrique du Sud, de Malaisie, d'Irlande, du Royaume-Uni et bien sûr Rémi Quirion du Québec.

Violine Jadoul

V. JA.



de g à d : Pascale Delcominette - Administratrice générale de Wallonie-Bruxelles International, Michel Audet - Délégué général du Québec à Bruxelles, Véronique Halloin - Secrétaire générale F.R.S.-FNRS, Rémi Quirion - Scientifique en chef du Québec, Albert Corhay - Recteur de l'Université de Liège

LE FNRS ET SON HOMOLOGUE QUÉBÉCOIS S'UNISSENT POUR FAIRE AVANCER LA RECHERCHE

Le FNRS a concrétisé fin octobre une collaboration internationale avec le Québec. Un million d'euros, c'est la somme qui a été investie par le FNRS et son équivalent québécois (les trois Fonds de recherche du Québec, FRQ).

L'investissement est réparti comme suit : 800.000 \$ CAD pour le Québec et 600.000 € pour le FNRS. Le but de cette collaboration est de soutenir quatre projets d'une durée de deux ans. Des projets qui devront être menés conjointement par des chercheurs de part et d'autre de l'Atlantique.

L'appel à projets est ouvert à tous les champs de recherche : les sciences humaines et sociales, les sciences de la vie et de la santé ou les sciences exactes et naturelles. Les Fonds québécois et belge francophone privilégieront, lors de la sélection, les projets pluridisciplinaires qui font appel à des technologies de pointe. Ils étudieront aussi le fait que le projet ne puisse pas avoir lieu sans ce partenariat outre-Atlantique.

« Bien que la proximité culturelle soit évidente, c'est surtout le renforcement de l'excellence scientifique qui est visé », souligne Véronique Halloin, secrétaire générale du FRS-FNRS.

Cette proximité culturelle fait que les chercheurs belges et québécois travaillent déjà ensemble. Les uns et les autres n'hésitent pas à se rendre dans l'autre pays pour y étudier ou y travailler. Rémi Quirion, scientifique en chef du Québec (il a pour mission de conseiller la ministre de l'Economie, de la Science et de l'Innovation) sait que les chercheurs n'ont pas attendu ce type de fonds pour établir des collaborations et voyager. Mais il faut aller plus loin que cela. Il faut « développer des partenariats plus costauds. Il faut financer des projets de recherche. Si on veut relever de grands défis (comme le réchauffement climatique), il faut amener des gens de différentes disciplines à travailler ensemble. Par des partenariats comme ceux-ci, nous allons y arriver ».

L'appel était ouvert jusqu'à la fin octobre. Les projets sélectionnés débiteront en septembre 2017.

Karine Van Doninck

du tennis à la recherche



Dans le parcours de Karine Van Doninck, professeur et chercheuse au sein de l'Unité de recherche en Biologie Environnementale et Évolutive de l'Université de Namur, rien n'est laissé au hasard. Son leitmotiv : « *Il faut se donner les moyens de faire ce que l'on aime !* ».



« Je m'entraînais 10 heures par semaine à la Fédération de tennis et dès mes 12 ans, je suis partie plusieurs fois en Amérique du Sud pour participer à des tournois internationaux. »

Enfant, ce n'était pas la biologie qui passionnait Karine Van Doninck mais le tennis. Sport qu'elle pratiquait à un haut niveau et qui lui a permis d'apprendre très tôt à s'organiser. « Je m'entraînais 10 heures par semaine à la Fédération de tennis et dès mes 12 ans, je suis partie plusieurs fois en Amérique du Sud pour participer à des tournois internationaux. Comme il n'était pas question de mettre mes études entre parenthèses, j'ai appris à m'organiser. Je pense que c'est cette « double vie » qui m'a appris à structurer mon travail. Par ailleurs, ça m'a donné envie de voyager et ça m'a permis d'apprendre l'anglais très jeune », explique la chercheuse. Reste qu'à 16 ans, Karine Van Doninck doit se rendre à l'évidence : malgré son travail acharné, elle n'a pas le niveau pour faire une carrière professionnelle.

Comprendre les mécanismes du cancer

Heureusement, ses parents l'ont toujours poussée à avoir un bon niveau à l'école et quand elle arrête le tennis, toutes les possibilités sont encore ouvertes. « C'est le décès d'une amie avec qui je jouais au tennis qui a probablement été déterminant. Elle est décédée d'un cancer à l'âge de 11 ans, une maladie que je ne comprenais pas et qui m'intriguait. J'ai donc décidé d'étudier la biologie pour répondre à mes interrogations. » Son diplôme d'études secondaires en poche, elle s'inscrit à la Vrije Universiteit Brussel.

Coup de cœur pour l'évolution

Pendant sa licence en biologie, Karine Van Doninck lit plusieurs livres sur l'évolution

dont « Evolution of sex » de John Maynard Smith. Un livre où l'auteur discute de l'évolution des modes de reproduction. « Ce livre m'a passionnée et m'a donné envie de travailler sur des questions d'évolution. Bien entendu, un cancer c'est une cellule qui s'est adaptée à un environnement spécifique mais cela me semblait à l'époque être un exemple trop ciblé. Je voulais travailler sur l'évolution au sens plus large », se rappelle-t-elle.

La VUB n'ayant pas de laboratoire dédié à cette thématique en 1998, elle fera son mémoire et ensuite son doctorat au Musée des Sciences Naturelles sur des crustacés ostracodes, des organismes asexués. « Je voulais savoir comment des organismes sans mâles et sans reproduction sexuée arrivaient à se diversifier et à s'adapter. »

« En 2008, nous avons eu l'idée de séquencer le génome d'une lignée de rotifères asexués afin d'identifier les signatures génomiques d'une évolution sans reproduction sexuée. »

Direction Harvard !

« Un an avant la fin de mon doctorat, je savais que si je voulais poursuivre dans la recherche et obtenir une bourse, il fallait que je m'y prenne tôt. » Son objectif ? Trouver un laboratoire où elle pourrait travailler sur l'évolution par le biais de la biologie moléculaire, un pan de la recherche qui faisait alors défaut sur son CV.

« Lors d'un congrès, j'ai rencontré un chercheur qui travaillait sur la reproduction asexuée des rotifères dans le laboratoire du Professeur Meselson à Harvard. Dès que j'ai eu connaissance de ces travaux, j'ai décidé d'aller là-bas. J'ai contacté le Professeur et je suis allée sur place pour lui montrer que j'étais motivée. Il m'a reçue et écoutée mais c'est tout ! Il m'a laissée monter mon projet seule et faire ma demande de bourse moi-même. Je pense que c'était sa manière de me tester. »

Reculer pour mieux sauter

Une fois toutes les formalités remplies, la réponse se fait attendre. La chercheuse décide alors de voyager pour prendre du recul. « Jusqu'à là j'avais tout fait très vite, j'avais foncé sans me poser de questions. Un mois avant la fin de mon voyage, j'apprends que j'ai la bourse BAEF et la Honorary research scholar Fullbright. Ça m'a rendue tellement heureuse d'avoir une réponse : je voulais une carrière scientifique. »

En septembre 2003, Karine Van Doninck prend donc l'avion pour Boston et y installe ses valises pendant 3 ans. « Sur place, j'étais livrée à moi-même, nous avions des discussions scientifiques passionnantes mais elles étaient très rares. C'était difficile mais cela m'a permis d'apprendre à réfléchir seule à mes

expériences et à en discuter avec d'autres chercheurs. » Malgré la richesse de cette expérience américaine, la chercheuse désire rentrer en Europe.

Focus sur l'écologie

Pour son retour, elle rêve de ramener son modèle fétiche, les rotifères, pour les étudier dans leur environnement. « L'idée était d'aller dans leur milieu naturel et de voir comment ils y évoluent et comment ils font face aux parasites et aux changements environnementaux. J'avais trouvé un laboratoire français à Montpellier dirigé par le directeur de recherche CNRS Yannick Michalakis et j'avais obtenu la bourse Marie Curie pour ce projet. » Sauf que dans le même temps, un professeur de la VUB lui parle d'un nouveau poste de professeur à l'Université de Namur. « Il s'agissait d'un poste au sein de l'unité de biologie des organismes à laquelle ils voulaient donner une direction évolutive et génétique. »

Montpellier ou Namur ?

Consciente de l'opportunité que cela représentait, Karine Van Doninck postule et sa candidature est retenue. Mais le choix entre Montpellier et Namur est difficile. « C'est un luxe énorme que d'avoir un tel choix. D'une part je ne voulais pas passer à côté de ce poste à Namur et d'autre part, je voulais lancer mon projet de recherche à Montpellier au sein d'une équipe aguerrie sur le sujet. J'ai donc demandé s'il était possible de prendre mes fonctions à Namur 9 mois plus tard que prévu et ça a été accepté. J'ai mis cette période à profit pour publier les articles sur mes travaux à Harvard et j'ai beaucoup discuté avec l'équipe de chercheurs français. J'y ai bâti mon réseau, c'est essentiel en recherche. »



UN PROJET ERC VALIDÉ !

Fin 2016, Karine Van Doninck a vu son ambitieux projet de recherche couronné d'une bourse ERC CoG Grant. Au programme ? Une étude minutieuse des rotifères bdelloïdes qui devrait aider les chercheurs à comprendre comment ces animaux asexués ont été capables d'évoluer. « Par ailleurs, nous allons nous intéresser au phénomène de dessiccation de ces espèces. Dans un état desséché, leur génome accumule des cassures. En revanche, une fois l'eau à nouveau disponible, l'organisme se réveille et le génome est réparé. Est-ce cette dessiccation, suivie d'une réparation d'ADN qui leur permet d'évoluer sans reproduction sexuée classique ? », s'interroge la chercheuse. Cette particularité de résistance extrême offre un nouveau modèle biologique unique qui sera, espérons-le, un prochain animal modèle de laboratoire.



VIVE LA CRÉATIVITÉ !

Le point fort de la recherche fondamentale ? « Elle stimule la créativité ! Elle permet de découvrir des choses insoupçonnées, c'est fantastique ». La créativité scientifique n'est d'ailleurs pas le seul cheval de bataille de la chercheuse. Passionnée d'art, elle a ouvert avec son conjoint Jo Huygh, Ingénieur architecte, des chambres d'hôtes d'art (www.druum.be). « C'est une façon pour nous de soutenir l'art. Tout le personnel qui gère le projet DRUUM sont des artistes ».

Séquencer le génome des rotifères

Lorsqu'elle arrive à Namur en 2007, la chercheuse crée un laboratoire en écologie moléculaire mais elle doit également donner de nombreuses heures de cours.

« Au début, c'était difficile, la recherche était tellement importante pour moi que je ne voulais pas perdre de temps. Mais j'ai pris mes marques et j'ai réalisé qu'enseigner me plaisait également. En 2008, nous avons eu l'idée de séquencer le génome d'une lignée de rotifères asexués afin d'identifier les signatures génomiques d'une évolution sans reproduction sexuée. Très vite, le projet a été accepté et pouvait démarrer au Genoscope en France. Les résultats ont été moins rapides... Entre 2010 et 2012, on sentait que de super résultats pouvaient émerger mais les analyses prenaient du temps. Malheureusement, nous arrivions à un point critique : j'allais accoucher et mon post-doc n'avait plus de financement pour travailler en mon absence. » C'est là que mon collègue Jean-Pierre Descy nous a sauvés la mise en finançant mon chercheur.

Une publication dans Nature

L'acharnement des deux chercheurs n'a pas été vain puisqu'en 2013 ils publient dans Nature. « Nous avons notamment découvert que le génome du rotifère A. vaga était complètement réarrangé, la conséquence d'une évolution sans méiose. Mais aussi qu'il comportait un grand nombre de gènes provenant d'autres organismes tels que des bactéries et des plantes », explique-t-elle enthousiaste.

Plus récemment, c'est dans la revue Current Biology que la suite de ces travaux est publiée. Les chercheurs namurois ont en effet découvert la sapphromixie chez ces mêmes rotifères, un échange de matériel génétique exclusivement entre femelles aidant ainsi à augmenter la diversité de ces lignées. La suite ? Un projet ERC que la chercheuse a défendu en octobre dernier et qu'elle espère obtenir pour poursuivre sur cette voie. « Par ailleurs, ma recherche m'a rapprochée des lignées cancéreuses qui comme mon organisme modèle est une lignée qui évolue de façon mitotique et dans lequel des réarrangements chromosomiques ont lieu », conclut la chercheuse.

Elise Dubuisson

LA RECHERCHE, UN PLAISIR ÉGOÏSTE ?

Au début de sa carrière Karine Van Doninck s'est demandé si ses travaux de recherches fondamentales réalisés avec de l'argent public n'étaient pas une carrière égoïste. « Je me suis demandé si mes travaux avaient un intérêt pour la société, j'ai voulu trouver le moyen d'avoir un impact plus fort sur celle-ci. Et c'est l'enseignement qui me l'a permis. Former les jeunes, c'est préparer notre avenir, c'est essentiel et c'est tellement enrichissant ! Et entre-temps mon laboratoire fait des découvertes fascinantes qui auront prochainement, qui sait, une application pertinente ».

Des météorites aux planètes, un vaste champ de recherches



Pr Vinciane Debaille, ULB

Les météorites, plus accessibles sur Terre que les astéroïdes dont elles sont issues dans l'espace, nous donnent des informations importantes sur les conditions chimiques de la naissance du système solaire, et sur la probabilité d'impacts de notre planète avec les astéroïdes géocroiseurs qui l'accompagnent. Après l'Antarctique, Vinciane Debaille, Chercheuse qualifiée F.R.S.-FNRS en sciences de la Terre et professeure à l'ULB, nous revient d'une campagne de collecte dans le désert de l'Atacama au Chili. Enjeux.

À part l'autoroute qui le traverse, l'Atacama est un désert. Vraiment très chaud. Dans de magnifiques paysages et sous un soleil de plomb, huit chercheurs bien protégés de ses rayons balayent des bandes de 20 mètres de large. *Il faut un peu de temps, explique Vinciane Debaille, pour que les yeux s'habituent au look particulier de ces pierres célestes un peu dégradées, devenues brunâtres, différentes des pierres terrestres. Et la nuit, on campe, contents d'être chaud dans son duvet, car il gèle! C'est une expérience magique!*

Après trois missions de collecte dans les champs de glace du pôle Sud, Vinciane Debaille a pu participer à une mission française dans le désert chilien de l'Atacama et en ramener une belle moisson de 400 fragments. Les météorites, contenant souvent du fer natif, rouillent très vite sur terre. Elles survivent mieux dans les déserts, chauds ou froids. Ces déserts ont chacun leurs avantages et leurs inconvénients, qui se complètent.

L'Antarctique, c'est le frigo sans eau liquide, et le fer des météorites reste natif. De plus, les glaciers se déplaçant, ils concentrent les météorites dans certaines zones, les *champs de glaces bleues*, ce qui facilite leur découverte et leur récolte. Mais comme elles ont été déplacées, on perd la trace de leur point de chute originel. C'est ici que les déserts chauds ont leur utilité. La relative dégradation des pierres (elles sont souvent encroûtées de sels) n'empêche pas leur datation [encadré 1], mais surtout, leur répartition « naturelle » intacte, permet d'étudier le processus de leur fragmentation dans l'atmosphère et de faire une statistique de leurs chutes.

Techniquement, les chercheurs délimitent une certaine zone de désert (aux coordonnées GPS non divulguées afin d'éviter le pillage du site) qu'ils passent au peigne fin. Le flux de météorites étant assez homogène sur la Terre, on en extrapole la masse totale captée par notre planète au cours de sa révolution — de l'ordre de

30000 tonnes par an, dont la majorité est sous forme de poussière.

Les géo-croiseurs

Lorsqu'une grosse météorite se fragmente dans l'atmosphère, ses débris se répartissent au sol selon une ellipse, *l'ellipse de chute*. Sa géométrie permet de remonter à la trajectoire de la météorite. Vinciane Debaille : *Et c'est très utile dans le cadre de la surveillance des astéroïdes géocroiseurs, ces petits astéroïdes qui accompagnent la Terre dans sa course circum-solaire. Il en existe plusieurs familles aux paramètres orbitaux différents, et le risque est bien réel qu'un jour ou l'autre, l'un de ceux-ci nous percute. [Encadré 2]* Comme ils n'émettent pas de lumière et sont invisibles, sauf lorsqu'ils sont tout proches (mais alors il pourrait être trop tard !), on se base sur les ellipses de chute de grosses météorites résultant de ces astéroïdes qui ont pénétré l'atmosphère terrestre pour établir l'orbite d'origine de ces dernières, et donc celle du géocroiseur.

C'est le seul moyen d'obtenir une évaluation des risques d'impact en se basant sur l'Histoire des impacts.

À la recherche du cratère perdu

Autre découverte dans l'Atacama, les tectites. Ce sont des verres d'impact, liés à des chutes de météorites suffisamment importantes pour qu'elles aient éjecté des roches terrestres fondues. Celles-ci ont formé des gouttelettes qui se sont solidifiées dans l'atmosphère et qu'on retrouve parfois à des dizaines, voire à des centaines de kilomètres de l'impact initial. Ça donne une idée de la violence du choc ! *Le petit souci actuel est que sur les six champs de tectites connus aujourd'hui sur la Terre, on n'a retrouvé le grand cratère d'impact que pour trois d'entre eux, malgré les satellites d'observation. C'est le cas ici dans l'Atacama.*

Ces « cratères perdus » nous posent question, explique Vinciane, puisqu'ils sont liés



APOPHIS, GÉOCROISEUR (ENCADRÉ 2)

Aphophis, ce géocroiseur de 325 m de diamètre nous a donné chaud... Il coupe notre orbite tous les 162 jours. Peu après sa découverte, les calculs orbitaux prédisaient un passage le 13 avril 2029 à 30 000 km seulement de la Terre (le dixième de la distance Terre-Lune) ! Des observations ultérieures ont permis de revoir les calculs « à la hausse », l'alerte est retombée. Nous sommes tranquilles pour plusieurs décennies.

De telles recherches ont pour finalité de se préparer, si possible, à l'événement, soit en envoyant une sonde briser l'astéroïde, soit en le déviant de sa trajectoire, soit en organisant notre adaptation au choc sur terre. *On oublie que nous occupons une petite oasis perdue dans un univers hostile à la vie...*



LA COLLECTION

Les météorites ramenées d'Antarctique sont déposées au Musée royal des Sciences naturelles de Belgique ; ce pôle bruxellois au service de la communauté mondiale rassemble, avec le musée, l'ULB, la VUB et des chercheurs japonais du National Institute of Polar Research.

Mais les scientifiques ne sont pas les seuls à collecter ces pierres rares. Habitants du Sahara, amateurs, chasseurs professionnels ou commerçants avisés s'en emparent ou les rachètent, espérant que leur cote monte, ce qui rend de plus en plus difficile leur acquisition par les universités ou les institutions de recherches. D'où l'intérêt de l'Antarctique où les échantillons sont préservés d'un usage commercial par le traité Antarctique.



DATATIONS (ENCADRÉ 1)

Une forte susceptibilité magnétique mesurée facilement sur place confirme l'origine extraterrestre des fragments, riches en fer ; des analyses chimiques *in situ* en complètent l'identification. Dans l'espace, les rayons ionisants interagissent avec la matière, et produisent des isotopes soit stables soit radioactifs. Une météorite issue d'un astéroïde, initialement protégée des rayonnements lorsqu'elle y était intégrée, va y être soumise dès l'instant où elle apparaît suite à la fragmentation de l'astéroïde consécutif à une collision. Avec le temps, soumise aux rayonnements, sa composition en isotopes évolue.

Par exemple, le taux d'Hélium 3 — ^3He — est un isotope stable ; plus on en a, plus on sait que l'objet a circulé longtemps dans l'espace.

En revanche, la concentration des isotopes radioactifs va atteindre un palier puisque d'un côté ils sont créés, mais de l'autre ils sont instables et disparaissent, avec un temps de demi-vie caractéristique. Il y a compétition entre accroissement par l'action des rayonnements cosmiques et diminution par la radioactivité.

Après un certain temps (de l'ordre de 5 demi-vies), un équilibre dynamique s'établit. Et quand la météorite arrive sur Terre, et qu'elle n'est plus soumise aux rayonnements cosmiques, la création desdits isotopes radioactifs s'arrête, et leur taux commence à diminuer. La mesure de la quantité de l'élément radioactif résiduel permet d'estimer l'époque de leur chute, d'autant plus ancienne que la radioactivité résiduelle est faible. Il existe une panoplie de tels outils temporels, comme le Carbone 14, le Chlore 36, l'Aluminium 26... qui couvrent des échelles de temps différentes et permettent de dater l'arrivée des météorites sur le sol. Avec l'Aluminium 26, on peut remonter à plusieurs millions d'années, de l'ordre du temps d'arrivée maximum d'une météorite sur la Terre (2 millions d'années au Chili, 1 million en Antarctique).



Terre est géologiquement active, ce qui efface les preuves, les traces matérielles de sa naissance. Mais les météorites ayant peu évolué durant leur vie orbitale apportent à ce propos des informations précieuses *puisque elles nous donnent accès aux conditions chimiques de la naissance des planètes.*

En fait, il existe deux familles de météorites. Les « météorites primitives », les *chondrites*, proviennent de la ceinture d'astéroïdes qu'elles ont quitté à la suite d'une perturbation gravitationnelle ou d'un choc. Elles sont formées de billes de silicates agglomérées (ce qui témoigne qu'elles n'ont jamais fondu au cours de leur histoire), et nous renseignent sur la formation du Système solaire. Les « non-primitives » viennent d'astéroïdes ou de planètes qui ont connu une activité volcanique ; ce sont des *laves* qui nous renseignent sur l'évolution magmatique de ces astres. *Géologiquement ce sont deux concepts très différents ! D'une part l'origine du système solaire, de l'autre, l'évolution des planètes par formation d'un noyau de fer et activité magmatique dans l'espace ! Sur Terre, ces pierres sont difficiles à repérer puisqu'elles ressemblent à nos roches volcaniques...*

à la fréquence des gros impacts. Or, les très grosses météorites sont une menace aussi considérable pour la Terre que le réchauffement climatique... et à laquelle on pense peu ! Nous voulons connaître les trajectoires de ces objets ainsi que les effets de leur impact et de ceux des fragments qui les accompagnent.

Certains cratères sont bien connus, comme celui de Chicxulub au Mexique. Large de 180 km de diamètre, il a été causé il y a 65 millions d'années par un astéroïde d'une dizaine de km de diamètre, ce qui provoqua l'extinction des dinosaures. Il s'agit donc de reconstituer les impacts majeurs, leurs effets sur la Terre, leur fréquence...

Objectif Système solaire

L'histoire de notre planète remonte à sa naissance, donc à celle du Système solaire. Avec les météorites, nous pouvons essayer de reconstituer la naissance du système solaire, poursuit Vinciane. La

C'est là où le flair et l'expérience contribuent à faire de la bonne science, une science fondamentale en pleine ébullition où les connaissances géochimiques couplées aux recherches spatiales par le

bias des météorites ouvrent de nouvelles portes sur l'origine de notre planète. À présent, les chercheurs européens attendent avec impatience les missions spatiales avec retours d'échantillons, et même les préparent activement par des réunions internationales, notamment via le projet Eurocares financé par l'Europe...

Alexandre Wajnberg



Vinciane Debaille
Chercheur qualifié F.R.S.-FNRS
G-Time, ULB
vdebaille@ulb.ac.be

Enormes, complexes et interconnectés



Dr Tarik Roukny, ULB / UGent

La taille des marchés financiers est devenue telle qu'ils sont devenus difficilement contrôlables. Leur complexité et leur caractère interconnecté constituent un défi majeur pour les régulateurs qui tentent d'évaluer les risques de défaut. Une petite erreur d'évaluation peut avoir des conséquences majeures.

Quand la crise financière de 2008 a éclaté, Tarik Roukny était encore sur les bancs de l'École polytechnique (ULB), où il avait entrepris des études d'ingénieur informaticien. Huit ans plus tard, il a terminé une thèse de doctorat en sciences appliquées consacrée aux réseaux financiers, à leur complexité et au risque systémique. Il vient aussi de publier un article dans la revue scientifique *Proceedings of the National Academy of Sciences* (PNAS) sur le prix de la complexité dans les réseaux financiers, une étude réalisée en collaboration avec des chercheurs américains, suisses, anglais et italiens ainsi qu'avec le prix Nobel d'économie 2001, Joseph Stiglitz.

Ces chercheurs soulignent le défi majeur que représente, tant pour les scientifiques que pour les régulateurs financiers, l'estimation du risque systémique dans les réseaux d'institutions financières. Leur travail montre comment la complexité croissante du réseau de contrats entre institutions s'accompagne d'une difficulté toujours plus grande à estimer de manière précise le risque systémique. Cet article propose une méthode quantitative pour estimer le risque systémique et son exactitude.

Tarik Roukny, qui va partir l'an prochain au Massachusetts Institute of Technology (MIT) à Boston après avoir bénéficié d'une bourse d'aspirant FNRS, caractérise en trois mots les systèmes financiers : « ils sont devenus énormes, complexes et interconnectés ». Les statistiques financières donnent en effet le tournis. Par exemple, selon l'enquête triennale de la Banque des règlements internationaux (BRI), les transactions sur les marchés des changes en avril 2016 s'établissaient à 5,1 milliards de dollars par jour, tandis que l'activité sur les dérivés de change s'élevait à 2,7 milliards de dollars par jour.

Interconnexions ambiguës

Non seulement les volumes échangés sont énormes, mais les institutions financières ont construit au fil du temps un réseau interconnecté de plus en plus complexe.

« Comme tout est interconnecté, un stress quelque part peut générer des stress à tous les échelons, explique Tarik Roukny. Avant la crise de 2008, on considérait que plus le système était interconnecté, mieux c'était, parce que cela permettait aux acteurs de diversifier leurs risques. Mais les interconnexions jouent un rôle ambigu.

« Comme tout est interconnecté, un stress quelque part peut générer des stress à tous les échelons. »



6 millions
de notifications entrent chaque jour dans les ordinateurs du régulateur européen.

Elles peuvent générer des situations qui s'apparentent à des épidémies. En fonction des circonstances, un sentiment peut dominer : la confiance, mais aussi la panique. En un sens, la crise de 2008 a eu pour intérêt d'attirer l'attention sur le fait qu'il faut mieux comprendre les phénomènes de cascades qui ont conduit à une crise systémique. »

Le problème du risque systémique est au centre de son travail, pour lequel il souhaite conjuguer théorie et expériences pratiques. Ces dernières années, il a notamment travaillé comme chercheur extérieur aux banques centrales allemande et néerlandaise, ainsi qu'à la Banque centrale européenne (European Systemic Risk Board). Son public cible était les régulateurs, qui doivent faire face à une incertitude globale au moment d'une crise. La question est la suivante : dans quelle mesure la complexité des marchés financiers permet-elle au régulateur d'être capable d'évaluer la situation avec certitude ?

« Nos travaux montrent que l'évaluation de ces réseaux est tributaire de la précision des mesures effectuées. Dans certains cas, il suffit d'une erreur très faible pour arriver à de très larges déviations par rapport aux risques réels. Toute analyse est potentiellement erronée. Un régulateur peut alors croire que le marché se porte bien alors qu'il est à la veille d'une faillite globale. Ou au contraire, il peut déclencher des alertes qui ne se justifient pas au vu de l'état réel du marché. »

Quand un réseau fonctionne en étoile, avec un acteur central, le contrôle est assez facile. Mais à partir du moment où tout le monde interagit avec tout le monde, chacun se sent un peu plus robuste, mais lorsqu'un problème surgit quelque part, il peut avoir des conséquences pour beaucoup de monde. Or ces réseaux, en forme de toile d'araignée plutôt que d'étoile, ont connu une expansion phénoménale dans le monde.

« On constate notamment des phénomènes de réverbération. Si je vous prête de l'argent, ma probabilité d'être confronté à un défaut va augmenter. Si vous prêtez à votre tour à un troisième acteur, votre probabilité à vous va être modifiée et je ne pourrai pas l'évaluer. Et si le troisième me prête aussi de l'argent, les choses vont

être encore plus compliquées. Au départ d'une probabilité de défaut faible, il y a des phénomènes d'amplification que les acteurs ne peuvent pas évaluer. »

6 millions d'entrées par jour

Tarik Roukny a travaillé surtout sur les réseaux financiers allemand et européen, qui sont très denses. Après la crise, les autorités européennes ont fait des efforts pour améliorer la transparence des marchés. Elles ont notamment créé au sein de l'Union européenne un important organe de régulation, European Market Infrastructure Regulation (EMIR), suivant lequel toutes les institutions actives dans les produits dérivés sont tenues de rapporter au régulateur toutes les opérations qu'elles ont réalisées dans ce domaine. Des informations auxquelles les régulateurs n'avaient pas accès avant la crise.

C'est incontestablement un progrès. La BCE reçoit ainsi une manne d'informations impensables il y a dix ans : 6 millions

de notifications entrent chaque jour dans les ordinateurs du régulateur européen. Mais cela peut aussi être problématique, tempère Tarik Roukny.

« Collecter c'est bien, mais il faut aussi stocker les données et les traiter de manière adéquate. Si on n'assure pas une qualité maximale, l'analyse de ces données peut mener à des évaluations erronées. Nous sommes dans une période transitoire. Il faudra développer les infrastructures nécessaires. Notre travail contribue à attirer l'attention sur cet enjeu : la qualité des données récoltées par le régulateur et sa capacité à les analyser correctement seront cruciales. »

Comment Tarik Roukny voit-il son avenir de chercheur ? Son départ prochain pour le MIT l'excite beaucoup, bien sûr. Il voudrait cependant sortir de l'étude purement technique des marchés en tant que tels et explorer les interactions des marchés avec la société, analyser leurs coûts et bénéfices.

« Le plus important est d'évaluer l'impact des systèmes financiers sur l'économie réelle, de voir comment le secteur financier vient s'incruster dans l'économie en général. »

« Le plus important est d'évaluer l'impact des systèmes financiers sur l'économie réelle, de voir comment le secteur financier vient s'incruster dans l'économie en général. En outre, les mécanismes de marché ne concernent pas que le secteur financier. Dans des marchés comme ceux de l'emploi ou de l'eau, il n'y a pas que l'argent qui intervient pour les déterminer. Il y a même des marchés qui ne fonctionnent pas du tout sur la base de l'argent ; le marché des dons d'organe par exemple. Il serait utile de comprendre comment cela se passe et de dessiner des règles de marché qui pourraient améliorer les mécanismes de stabilité de ces marchés. »

Jean-Paul Vankeerberghen



LES INTERROGATIONS DE LA REINE

A l'occasion d'une visite à la London School of Economics, en novembre 2008, la reine Elisabeth avait demandé à un de ses directeurs de recherche pourquoi personne n'avait vu venir la crise. La British Academy s'était saisie du sujet et avait organisé en 2009 un séminaire au terme duquel ses responsables avaient envoyé une lettre ouverte à la reine. L'Académie britannique y concluait que « l'échec à prévoir le déroulement, l'extension et la gravité de la crise et à y faire face, s'il a de nombreuses causes, était principalement un échec de l'imagination collective de beaucoup de brillants esprits, aussi bien dans ce pays qu'internationalement, à comprendre les risques du système dans son ensemble ».

Tel fut bien le prix de la complexité, observe Tarik Roukny. Ni les acteurs, ni les régulateurs n'ont été capables de déceler et d'évaluer le risque systémique.



Tarik Roukny
UGent
tarikroukny@gmail.com

Notre horloge biologique stimule la réactivité des neurones

© Jean-Louis Wertz



En collaboration avec des scientifiques italiens de Milan, britanniques du Surrey et américains de Virginie, l'équipe du GIGA - Centre de recherche du cyclotron - In vivo Imaging de l'Université de Liège a mis en évidence le fait qu'un contrôle de la réactivité des neurones fait partie des moyens déployés par l'horloge biologique ou circadienne pour maintenir notre fonctionnement cognitif.



Pr Gilles Vandewalle, ULg

« Mes recherches au CRC portent sur les mécanismes cérébraux qui interviennent dans la régulation de l'éveil et du sommeil chez l'Homme. »

« Même les aspects les plus simples du fonctionnement du cerveau humain, entre autres la force avec laquelle les neurones réagissent à une simple stimulation, sont donc affectés par notre horloge biologique, avec des moments de moindre réactivité ou de réactivité exacerbée des neurones, » confirme Gilles Vandewalle, chercheur qualifié du F.R.S.-FNRS au sein de l'équipe liégeoise et principal auteur de cette étude publiée dans Nature Communications ⁽¹⁾.

De la biologie aux neurosciences

Après avoir mis ses pas dans ceux de son père, professeur de biologie à l'Université de Liège et opté pour des études en biologie animale au sein de cette même institution, Gilles Vandewalle s'est progressivement écarté de ce domaine, son intérêt se portant davantage sur les neurosciences.

En 2002, il a entamé son Diplôme d'études approfondies (DEA), réalisé en partie au Centre de recherches du cyclotron (CRC)

de l'Université de Liège et à l'Université de Surrey, et il est devenu docteur en neurosciences en 2007.

A l'époque, sa thèse de doctorat portait sur l'impact de la lumière sur les fonctions non-visuelles du cerveau. Depuis lors, il n'a cessé de travailler sur cette thématique en lien avec celle de l'éveil et du sommeil, tout d'abord lors d'un séjour postdoctoral à Montréal et ensuite à l'Université de Liège.

L'impact de la lumière

« Mes recherches au CRC portent sur les mécanismes cérébraux qui interviennent dans la régulation de l'éveil et du sommeil chez l'Homme », explique Gilles Vandewalle. « Et j'ai donc commencé par l'impact de la lumière dont on connaît l'importance pour la vision mais aussi pour nous aider à rester éveillé. La lumière est aussi une des clés qui signalent à notre horloge biologique qu'il fait jour ou nuit et qui permet ainsi à notre organisme de réguler toute une série de fonctions. »



« Le fait d'avoir découvert que nos neurones ne réagissent pas de la même façon en fonction du moment de la journée et du besoin de dormir est une découverte fondamentale qui peut avoir des conséquences importantes d'un point de vue clinique. »



« Donc, j'ai mené plusieurs travaux en m'intéressant à la manière dont le cerveau fonctionne lorsqu'il y a de la lumière, lorsqu'elle est au contraire absente ou que ses caractéristiques (couleur, intensité, etc.) varient », poursuit le chercheur liégeois. « Nous avons examiné ce qui se passait au niveau de l'activité cérébrale chez des personnes placées dans un scanner d'imagerie par résonance magnétique, auxquelles nous demandions d'exécuter des tâches auditives relativement simples qui n'ont rien à voir avec la vision. Nous avons observé que les aires du cerveau qui sont mobilisées réagissent différemment en fonction de l'environnement lumineux et on s'en rendu compte que c'était la lumière bleue qui avait l'impact le plus stimulant. C'est logique puisque dans la rétine nous possédons des photorécepteurs particulièrement sensibles à cette lumière, qui ne servent pas vraiment pour la vision mais pour la régulation des rythmes biologiques et du niveau d'éveil. Pouvoir utiliser la lumière correctement permet dès lors de favoriser les performances cognitives. »

Régions sous-corticales

Grâce à ce travail, Gilles Vandewalle a pu montrer que certaines régions sous-corticales du cerveau contribuaient à l'effet stimulant de la lumière avant que des régions corticales ne soient concernées.

« Cela rappelle qu'en matière d'éveil, l'information arrive au cortex en provenance de régions plus basiques », précise-t-il. « Lors de cette recherche, nous avons aussi essayé de comprendre l'impact de la pression de sommeil et de l'horloge biologique et voulu voir comment cela se traduisait dans le cerveau des personnes. De façon assez similaire, on s'est rendu compte que certaines régions sous-corticales, comme le thalamus, l'hypothalamus ou des zones du tronc cérébral, les mêmes que pour la lumière, jouaient un rôle clé. Nous avons aussi découvert un gène qui détermine le fait que l'envie de dormir arrive plus ou moins vite en fonction des individus. »

Deux mécanismes fondamentaux

Les mécanismes essentiels de la régulation du cerveau étant relativement bien connus sur un plan macroscopique grâce à l'utilisation de l'IRM, mais aussi de l'élec-

troencéphalogramme ou du PET-scan, Gilles Vandewalle a ensuite voulu mieux comprendre les modifications qui pouvaient survenir dans le fonctionnement de base d'un neurone en prenant également en considération les deux mécanismes fondamentaux que sont le besoin de dormir et l'horloge biologique. Le premier augmente avec la durée de l'éveil, tandis que la seconde envoie un signal pour contrer notre envie de dormir, maintient une certaine stabilité cérébrale durant la journée, sur une période de 16 heures, et aide à dormir pendant 8 heures la nuit même si le besoin de sommeil est nettement moins important en fin de nuit.

Pour cette nouvelle recherche, le scientifique liégeois a aussi tenu compte du fait qu'en raison de ces mécanismes, le niveau de performance d'un individu est relativement stable durant la journée, et ce malgré l'accumulation de la pression de sommeil, tandis qu'il se détériore de manière abrupte la nuit car il reste éveillé pour accomplir une tâche alors que cette même pression de sommeil devient trop importante et qu'en plus son horloge biologique qui lui dit qu'il faut dormir.

La TMS couplée avec l'EGG

Un des aspects primordiaux du fonctionnement de base des neurones c'est la manière dont ils réagissent à une stimulation. « Raison pour laquelle nous avons eu recours à la stimulation magnétique transcrânienne ou TMS en la couplant avec l'électroencéphalographie (EEG) pour mesurer l'activité du cerveau », spécifie Gilles Vandewalle. « La TMS envoie des impulsions magnétiques qui vont perturber le fonctionnement des neurones, créant ainsi un influx nerveux qui est directement transmis sur le cortex. »

« Nous avons pris des mesures de manière régulière chez 22 volontaires, maintenus éveillés pendant 29 heures d'affilée, dans des conditions constantes très contrôlées. Au niveau neuronal, nos données indiquent que le décours temporel de l'excitabilité corticale est en corrélation avec les changements de synchronisation EEG et les performances cognitives. Notre étude démontre aussi pour la première fois que le facteur crucial pour l'excitabilité corticale, et la fonction cérébrale de base en général, est l'équilibre entre la rythmi-

cié circadienne et le besoin de sommeil, plutôt que l'homéostasie du sommeil seul. Autrement dit, il y a bel et bien une influence combinée du besoin de dormir et de l'horloge biologique et il est évident que cette dernière se manifeste aussi dans des aspects très basiques du fonctionnement du cerveau. »

Le choix du moment

Au-delà de l'avancée dans la compréhension du cerveau, le fait d'avoir découvert que nos neurones ne réagissent pas de la même façon en fonction du moment de la journée et du besoin de dormir est une découverte fondamentale qui peut avoir des conséquences importantes d'un point de vue clinique, comme l'explique Gilles Vandewalle.

« A l'heure actuelle, nous utilisons de plus en plus souvent les techniques de neurostimulation ou de neuroréhabilitation avec des appareils similaires à la TMS pour les patients souffrant de démence ou de dépression, ayant subi un accident vasculaire cérébral ou en état végétatif. Mises en œuvre au mauvais moment de la journée, ces techniques thérapeutiques pour-

raient être moins, voire même pas du tout, efficaces. Notre recherche pourrait aussi permettre une meilleure compréhension de l'épilepsie qui, dans certaines formes, engendre des épisodes convulsifs plus fréquents à certains moments de la journée. »

Il est donc utile de savoir à quel moment il convient d'utiliser ces techniques, mais aussi de tenir compte du type de pathologie et de l'âge des sujets. « Tout cela va bien sûr nécessiter de nouveaux tests caractérisés », conclut Gilles Vandewalle tout en confiant que, pour sa part, il entend poursuivre ce type de recherches en creusant désormais le lien entre cognition, sommeil et vieillissement.

LE MÉTRONOME DE NOTRE ORGANISME

Grâce à elle nous dormons, mangeons, nous réveillons, à heures plus ou moins régulières. L'horloge circadienne, ou horloge biologique interne, est le système qui permet à notre organisme de détecter le temps qui passe et de réguler un certain nombre de fonctions vitales sur une période qui oscille entre 23h30 et 24h30, selon les individus.

Située au cœur du cerveau, dans le noyau suprachiasmatique, une petite région de l'hypothalamus qui contrôle la production et la régulation des hormones, cette horloge est composée de milliers de neurones dont l'activité pulsatile contrôle le cycle éveil/sommeil, la température corporelle, le rythme cardiaque, la circulation sanguine, la délivrance d'hormones etc. C'est elle aussi qui gouverne le fonctionnement de nos cellules et qui nous permet de maintenir des performances cognitives stables durant la journée.

Luc Ruidant

⁽¹⁾ « Circadian regulation of human cortical excitability », Nature Communications, 24 juin 2016, DOI : 10.1038/NCOMMS11828

+++ <http://www.nature.com/articles/ncomms11828>



Gilles Vandewalle
Chercheur qualifié F.R.S.-FNRS
GIGA-CRC-In Vivo Imaging,
Université de Liège
gilles.vandewalle@ulg.ac.be

Comment le cerveau s'adapte au temps qui passe

Pourquoi apprend-on moins facilement à conduire une voiture ou à jouer d'un instrument de musique quand les années ont passé ? Pourquoi les nouveaux automates bancaires semblent-ils toujours un peu plus compliqués à dompter ? Pourquoi votre dernier smartphone est-il moins aisé à utiliser ?

C'est parce que la plasticité neuronale, soit la capacité de notre cerveau à modifier ses connexions pour faire face à une situation nouvelle, diminue avec le temps. A l'instar d'autres facultés. C'est ce que démontrent les recherches d'Alison Mary conduites sous la supervision du Professeur Philippe Peigneux de l'Unité de Recherches en Neuropsychologie et Neuroimagerie Fonctionnelle au Centre de Recherches en Cognition et Neuro-

sciences de l'ULB. Elle a travaillé durant sa thèse en étroite collaboration avec l'Unité de Magnétoencéphalographie (MEG) de l'Hôpital Erasme, dirigée par le Professeur Xavier De Tiège.

Elle a mené cinq recherches conjointes dans ce sens. Dans l'une de ses dernières études, publiée tout récemment dans « Cerebral Cortex », elle montre que la manière dont l'activité de notre cerveau est organisée avant un nouvel apprentissage influence cet apprentissage, et que cette influence change au cours du vieillissement. L'organisation des réseaux de neurones lors d'une période d'éveil calme prédit le niveau individuel de performance lors d'une tâche ultérieure d'apprentissage moteur. De plus, les réseaux neuronaux au repos qui prédisent cet apprentissage sont différents en fonction de l'âge. « Chez des jeunes adultes (19-30 ans), un réseau spécifique à un apprentissage moteur automatisé, impliquant le cortex sensorimoteur primaire, le striatum et le cervelet est associé à un meilleur apprentissage », explique la jeune chercheuse, qui a présenté son doctorat avec grand fruit en janvier dernier. « Par contre, chez des adultes plus âgés (66-70 ans), l'acquisition de cette nouvelle habileté motrice dépend davantage de réseaux neuronaux qui sous-tendent des processus attentionnels et de contrôle cogni-



Dr Alison Mary, ULB

tif, ce qui suggère que les participants âgés utilisent une stratégie d'apprentissage plus contrôlée et demandeuse en ressources cognitives ». Conclusion ? Indépendamment de nos capacités de plasticité cérébrale, la manière dont nos réseaux cérébraux s'organisent spontanément influence nos capacités d'apprentissage, et les réseaux qui participent à l'apprentissage se modifient avec l'âge. Ces résultats permettent également d'expliquer pourquoi, avec l'âge, l'être humain éprouve plus de difficultés à apprendre de nouvelles habiletés motrices.

Une lecture plus précise dans le temps

Comment Alison Mary parvient-elle à ce résultat ? D'abord, en utilisant un outil très spécifique, si sensible qu'il est situé dans une chambre blindée et sous le sol pour neutraliser le « bruit magnétique » du monde en fureur, c'est-à-dire la magnétoencéphalographie. « Cet outil, temporairement plus précis que l'IRM fonctionnelle, ouvre de nouvelles perspectives pour mieux comprendre l'effet de l'âge sur

l'organisation fonctionnelle du cerveau humain ainsi que sur les conséquences comportementales qui en découlent ».

Il s'agissait de traquer le mécanisme à l'œuvre quand, par exemple, lorsqu'à force de répétitions, nos doigts finissent par se diriger « automatiquement » sur les bonnes touches d'un piano ou d'une machine à écrire. « Concrètement, explique Alison Mary, nous présentons un clavier qui présente quatre touches sur lesquelles sont positionnés les doigts de la main non dominante (de l'index à l'auriculaire) et il faut répéter une séquence motrice simple avec les doigts en enfonceant les touches. Les participants voient 5 chiffres à l'écran et doivent reproduire cette séquence. Chaque chiffre correspond à un doigt, les

« La manière dont nos réseaux cérébraux s'organisent spontanément influence nos capacités d'apprentissage, et les réseaux qui participent à l'apprentissage se modifient avec l'âge. »





chiffres allant de 1 à 4 correspondent aux doigts allant de l'index à l'auriculaire. Le petit doigt, par exemple, correspond au chiffre quatre. On demande aux participants de reproduire la séquence 4-1-3-2-4, donc d'appuyer sur les touches correspondantes du clavier, sans commettre d'erreurs et le plus rapidement possible. Au début, c'est très lent puis progressivement cela devient plus rapide. Au début, on recrute donc un réseau attentionnel très important parce que cela demande de la concentration, il faut le temps d'apprendre. Mais à terme, on ne recrute plus des réseaux attentionnels, parce que c'est devenu un mouvement totalement automatisé. Chez les jeunes, c'est clairement ce qui se passe. Par contre, chez les

personnes âgées, les réseaux attentionnels sont mobilisés beaucoup plus longtemps. On peut faire une analogie avec la conduite automobile, où les conducteurs expérimentés font une série de gestes sans plus y réfléchir, sans décomposer leur séquence d'actions. Alors que des conducteurs débutants peuvent éprouver des difficultés à rouler dans une circulation trop dense, parce que le nombre de stimuli est trop intense ».

Les neurones se réorganisent après un apprentissage

Quel lien avec le sommeil ? Le cerveau ne peut prendre en charge que ce qu'on lui « donne à manger ». La manière dont

la consolidation immédiate (juste après l'apprentissage) se met en place pourrait conditionner les étapes ultérieures de consolidation en mémoire durant le sommeil. « Dans une autre étude publiée en octobre dernier dans la revue *Human Brain Mapping* », nous avons montré que l'organisation des neurones au repos se modifie immédiatement après un apprentissage moteur. De manière similaire à l'étude précédente, nous avons montré que ces changements ont lieu dans un réseau spécifique à l'apprentissage chez de jeunes adultes, alors qu'un réseau sous-tendant des processus attentionnels et de contrôle cognitif est impliqué chez les participants âgés. Ces résultats semblent indiquer que lors de l'apprentissage, les

« Cet outil, temporellement plus précis que l'IRM fonctionnelle, ouvre de nouvelles perspectives pour mieux comprendre l'effet de l'âge sur l'organisation fonctionnelle du cerveau humain. »



LE MAGNÉTOENCÉPHALOGRAPHE, UN OUTIL UNIQUE

Malgré son nom qu'on imagine bien au cœur d'une bande dessinée de Blake et Mortimer (où l'on trouve d'ailleurs un « télécéphaloscope ») la bien réelle magnétoencéphalographie (MEG) est une nouvelle technique de neuro-imagerie très innovante. Son coût d'achat, deux millions d'euros, est élevé, ce qui explique sans doute qu'il n'y a qu'un seul appareil en Belgique, installé à l'hôpital Erasme (ULB) mais utilisé également par les universités de Liège et de Gand, avec une aide du ministère fédéral de la Politique scientifique. Un nouveau système MEG a été inauguré en avril dernier grâce au Fonds Erasme et au soutien d'un mécène anonyme.

C'est un système d'imagerie dédié au cerveau qui capte les champs magnétiques produits par l'activité électrique des neurones. 306 capteurs plongés dans l'hélium liquide pour être maintenus à moins 269 degrés centigrades les rend très sensibles, ce qui permet de pister l'activité des neurones avec une grande résolution spatiale et surtout, avec une résolution temporelle inégalée, celle de la milliseconde. Par comparaison, une résonance magnétique révèle des activités de l'ordre de la seconde, un Pet-scan de la minute. Des techniques qui restent évidemment très précieuses, mais qui ne peuvent montrer la chronologie de l'activation du cerveau quand il est sollicité par un mot ou à une syllabe, ce qui est le cas pour la MEG.

L'autre technique complémentaire qui enregistre directement l'activité électrique du cerveau est l'électroencéphalogramme, le fameux EEG. Les électrodes captent les potentiels électriques des neurones et ces derniers peuvent être perturbés en traversant les différents tissus de la tête (peau, os du crâne, liquide céphalorachidien, etc.). Au contraire, l'activité magnétique n'est pas influencée par ces obstacles naturels. Cette technique est aujourd'hui très utilisée en recherche, mais également en clinique pour deux applications très importantes, l'épilepsie, pour la mise au point pré-chirurgicale de l'épilepsie en identifiant la région du cerveau responsable du déclenchement de la crise (foyer épileptique) et la « cartographie » des fonctions du cerveau avant une intervention chirurgicale. Sur les images reconstruites, on distingue par exemple les aires du langage ou celles de la motricité de la main. Le chirurgien peut intégrer ces images à son GPS au moment où il opère pour retirer, par exemple un foyer épileptique, afin de minimiser les risques de priver le patient d'une fonction essentielle.



« Malgré la perte neuronale liée à l'âge, les participants âgés recrutent quand même des régions spécifiques à l'apprentissage moteur. »



personnes âgées arrivaient moins aisément à l'automatisation de la séquence procédurale à réaliser (la répétition d'une séquence de mouvements des doigts) et employaient une stratégie alternative, plus contrôlée. De plus, ces résultats mettent en évidence une réorganisation fonctionnelle des réseaux différente avec l'âge dans les premiers stades de la consolidation en mémoire ».

Ces découvertes peuvent-elles déboucher vers des innovations curatives ? Faudrait-il, par exemple après 50 ans, dépister les apnées pour préserver ses capacités cérébrales ? « Si l'on a un sommeil non récupérateur, des symptômes de fatigue associés ou non à des difficultés d'apprentissage et de concentration, cela peut être une bonne idée de faire un examen du sommeil. La CPAP (masque qui assure une ventilation en pression positive continue durant le sommeil) est le traitement de premier choix pour le syndrome d'apnées obstructives du sommeil. Si la personne supporte le masque, cela réduit drastiquement les apnées et améliore donc sa qualité de sommeil. Il faut être plus attentif à la présence d'apnées du sommeil en vieillissant, car sa prévalence augmente avec l'âge. Dans l'une de nos études, que nous n'avons pas encore publiée, nous avons constaté que les questionnaires de sommeil utilisés habituellement en recherche n'étaient pas assez sensibles pour identifier la présence d'apnées chez les personnes âgées. En effet, un examen polysomnographique indiquait qu'un nombre important de personnes âgées recrutées dans notre étude présentait en fait des apnées du sommeil, là où de simples questionnaires ainsi que le ressenti des personnes par rapport à leur sommeil n'étaient pas toujours suffisants pour mettre en évidence ce type de perturbation ».

Des jeux de simulation pour maintenir la motricité

Les résultats obtenus par Alison Mary ne sont pas nécessairement inquiétants : « Finalement, on peut tirer de ce constat un enseignement assez rassurant. Quand l'âge nous affecte, notre fonctionnement cérébral change et nous mettons en place de nouvelles stratégies. » Il reste néanmoins à déterminer en quoi ce « changement de cap » influe sur la consolidation de l'apprentissage durant le sommeil. Certes, des neurones ont disparu avec le temps et davantage de ressources sont nécessaires pour effectuer la même tâche, mais la plasticité du cerveau – en tout cas quand il est en bonne santé – fait face à ce défi. « Malgré la perte neuronale liée à l'âge, les participants âgés recrutent quand même des régions spécifiques à l'apprentissage moteur. Cependant, les ressources dédiées à ce réseau spécifique à l'apprentissage sont plus réduites puisque les personnes âgées utilisent aussi des ressources pour recruter d'autres régions du cerveau. On dispose de capacités limitées de recrutement de zones du cerveau, on ne peut pas recruter toutes les régions en même temps ».

L'innovation thérapeutique pourrait aussi prendre le chemin d'une rééducation, comme celle que certains patients atteints d'un AVC pratiquent, arrivant à recouvrer certaines capacités en pratiquant des exercices sous forme de serious game, qui allie mouvement et vision. « C'est prématuré de l'assurer à ce stade, mais cela peut être une bonne idée. Cela dépend de ce qu'on veut solliciter comme type de capacité. Si ce sont les habiletés motrices, cela peut être la pratique d'un instrument de musique. Je me suis focalisée sur les apprentissages procéduraux, comme les automatismes que l'on met en place pour

apprendre à conduire une voiture. Ou rouler à vélo, ou jouer d'un instrument. On pourrait utiliser des jeux de simulation de conduite de voiture pour tenter de maintenir le plus longtemps possible certaines compétences motrices ».

Venue d'un projet sur le trouble du déficit de l'attention et de l'hyperactivité chez l'enfant, qui ne s'est pas accompli faute de financement, Alison Mary a approfondi le fonctionnement cérébral des plus âgés. Et vient de partir pour trois ans, à l'Université de Caen. Objectif : comprendre le fonctionnement neuronal des rescapés des attentats du 13 novembre à Paris. *« L'état de stress post-traumatique est une conséquence fréquente de personnes victimes d'un attentat. La présence de flashbacks récurrents et involontaires liés à l'évènement traumatique est le symptôme prédominant de ce trouble. Cependant, tous les individus confrontés à un évènement traumatisant ne développent pas un état de stress post-traumatique. Durant mon post-doctorat, je vais étudier les facteurs neuroanatomiques structuraux et neurofonctionnels favorisant une telle résilience à un traumatisme ».*

Frédéric Soumois

Resting-state Functional Connectivity is an Age-dependent Predictor of Motor Learning Abilities (2016) Alison MARY, Vincent WENS, Marc OP DE BEECK, Rachel LEPROULT, Xavier DE TIEGE and Philippe PEIGNEUX Cerebral Cortex doi: 10.1093/cercor/bhw286
Age-related differences in practice-dependent resting-state functional connectivity related to motor sequence learning (2016). Alison MARY, Vincent WENS, Marc OP DE BEECK, Rachel LEPROULT, Xavier DE TIEGE and Philippe PEIGNEUX Human Brain Mapping doi: 10.1002/hbm.23428

« Finalement, on peut tirer de ce constat un enseignement assez rassurant. Quand l'âge nous affecte, notre fonctionnement cérébral change et nous mettons en place de nouvelles stratégies. »



Troubles anxieux : quand l'attention dérive...

32 MILLIARDS

le coût annuel des troubles anxieux dans les pays occidentaux.

Les troubles anxieux représentent un important problème de santé publique. Des biais cognitifs, en particulier des biais d'attention, participeraient activement à leur genèse et à leur maintien.

Peur sans objet, appréhension d'un danger mal défini qui pourrait survenir, l'anxiété est le lot de tous les humains. Mais il y a anxiété et anxiété. En fonction de sa forme, de son intensité et de sa fréquence, ce sentiment de l'imminence d'un événement fâcheux ou dangereux peut parfois être un allié, mais également conduire à un trouble psychique.

En Europe, les troubles anxieux figurent parmi les affections psychologiques les plus fréquentes. Leur coût annuel est d'ailleurs estimé à quelque 32 milliards d'euros dans les pays occidentaux. « Aussi, le développement d'une meilleure compréhension des mécanismes sous-tendant ces troubles représente-t-il une question sociétale d'intérêt majeur », souligne Alexandre Heeren, chercheur postdoctoral à l'Université Harvard, aux États-Unis, et anciennement chargé de recherches postdoctorales F.R.S.-FNRS à l'Université catholique de Louvain (UCL).

Les troubles anxieux se subdivisent en deux catégories. Les premiers sont en lien direct avec la peur. On observera

alors une très forte activation du système nerveux orthosympathique (tachycardie, transpiration, dilatation des pupilles...) en réponse à un stimulus jugé menaçant. La vue d'une araignée par une personne arachnophobe, par exemple.

La seconde catégorie regroupe des troubles dont l'ancrage n'est plus un rapport étroit avec la peur, mais avec l'anxiété proprement dite, donc avec l'anticipation de menaces potentielles. C'est le cas de l'anxiété sociale et de l'anxiété généralisée.

Bien plus qu'un épiphénomène

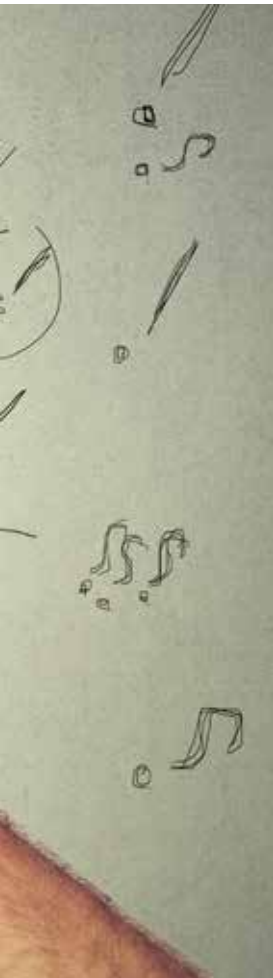
Les années 1980 furent marquées par le développement des sciences cognitives et en particulier, de la psychologie cognitive. Rapidement, les chercheurs se sont aperçus de la présence de biais d'attention sélective envers l'information au centre des préoccupations de l'individu anxieux. Par exemple, une personne souffrant d'arachnophobie allouera beaucoup plus de ressources attentionnelles

qu'une autre à la détection des araignées, tandis qu'un anxieux social réservera un traitement similaire aux visages exprimant de la désapprobation sociale. « Au départ, ces biais furent assimilés à des épiphénomènes, de simples conséquences symptomatiques des troubles anxieux, explique Alexandre Heeren. Mais ces dernières années, une série d'études ont suggéré qu'ils pourraient jouer un rôle important dans la genèse et le maintien de l'anxiété. »

En 2002, le professeur Colin MacLeod, de l'Université d'Australie occidentale, élabore une tâche destinée à créer un biais attentionnel temporaire chez des sujets ne souffrant d'aucun trouble anxieux. Des paires de mots, l'un menaçant, l'autre neutre, étaient projetées sur un écran. Une croix de fixation sur laquelle des volontaires devaient braquer le regard apparaissait dans le même champ visuo-spatial qu'un des deux mots. Selon que les chercheurs voulaient entraîner les participants à porter préférentiellement leur attention sur les mots menaçants ou,



Dr Alexandre Heeren,
UCL / Harvard University



au contraire, sur les mots neutres, la croix de fixation était projetée, dans la grande majorité des cas, du côté du stimulus menaçant ou du côté du stimulus neutre.

Résultat ? Les sujets chez qui avait été généré expérimentalement un biais attentionnel en faveur des mots menaçants présentaient un niveau d'anxiété supérieur à celui des sujets de l'autre groupe dans le cadre d'une tâche où ils devaient résoudre des anagrammes insolubles. « Nous avons répliqué cette étude à l'UCL, avec un résultat similaire, indique Alexandre Heeren. Ainsi, des paramètres physiologiques révélateurs de l'état d'activation du système nerveux orthosympathique, tels que la conductance cutanée et le rythme cardiaque, étaient exacerbés chez les participants auxquels nous avons induit un biais d'attention envers les stimuli menaçants. »

Réentraînement attentionnel

Partant de la constatation que l'induction d'un biais de cette nature est associée à un accroissement de la réactivité à un stress induit expérimentalement, il semble légitime d'inférer que ce biais est impliqué sur le plan causal dans l'accroissement de la réactivité émotionnelle. Si, de fait, le biais n'est pas une simple conséquence

de l'anxiété, l'annihiler doit théoriquement réduire la symptomatologie anxieuse.

Aussi, un groupe de l'Université de San Diego, aux États-Unis, et le Laboratoire de psychopathologie expérimentale de l'Université de Louvain ont-ils entrepris parallèlement des travaux basés sur l'idée d'un réentraînement attentionnel des patients anxieux. Pour ce faire, ils aménagèrent la procédure expérimentale élaborée par Colin MacLeod : ici, la croix de fixation apparaissait dans 95% des cas du même côté que le stimulus non menaçant, ce qui amenait les patients à orienter leur attention vers ce type d'information. Les résultats obtenus furent éloquentes. Tout d'abord, une importante réduction de l'anxiété était obtenue après une seule séance de réentraînement attentionnel. Toutefois, ce bénéfice se révélait éphémère. « Dans un deuxième temps, nous avons proposé aux patients une séance quotidienne de 45 minutes durant une semaine, précise Alexandre Heeren. Qu'avons-nous constaté ? Une diminution significative de l'anxiété et une amélioration de la qualité de vie des personnes. Ces effets étaient maintenus au moins deux semaines après la procédure de réentraînement. D'autres études ont montré qu'ils se prolongeaient même jusqu'à quatre mois, et ce sans traitement médicamenteux ni intervention psychologique. »



MIEUX COMPRENDRE GRÂCE À LA THÉORIE DES GRAPHS

En juillet 2016, le *Journal of Anxiety Disorders* publiait les résultats d'une étude⁽¹⁾ réalisée par Alexandre Heeren et Richard J. McNally, professeur au département de psychologie de l'Université Harvard. S'appuyant sur la théorie (mathématique) des graphes, les deux chercheurs ont réussi à mieux cerner, dans l'anxiété sociale, la dynamique des interactions entre les processus cognitifs, comportementaux et émotionnels sous-tendant le maintien de l'anxiété. En outre, sur la base du graphe obtenu, ils ont démontré que la tendance à éviter les situations aversives et les déficits neuropsychologiques au niveau de la sélection de l'information présente dans l'environnement constituent deux des nœuds les plus centraux du réseau des processus psychopathogènes impliqués dans l'anxiété sociale. Par des analyses topologiques, Alexandre Heeren et Richard J. McNally espèrent pouvoir prédire le degré de réponse thérapeutique à telle ou telle forme d'intervention psychologique contre l'anxiété sociale.



Stimuli non pertinents

Vu que l'ensemble des études réalisées à ce jour mettent en évidence une amélioration de la symptomatologie anxieuse à la suite de la réduction du biais attentionnel envers les stimuli menaçants, il est communément admis désormais que ce dernier est une des causes du maintien de l'anxiété.

À l'UCL, Alexandre Heeren, Pierre Maurage et Pierre Philippot ont emprunté récemment une piste originale qui semble ouvrir de nouvelles perspectives. En 2015, les trois chercheurs ont montré dans un article publié par la revue *Psychiatry Research*⁽²⁾ que le biais attentionnel envers les stimuli menaçants pourrait n'être que le reflet de déficits neuropsychologiques au niveau de la sélection de l'information présente dans l'environnement, quelle que soit la nature des émotions qu'elle véhicule.

Traditionnellement, les travaux sur le biais attentionnel décrit chez les patients anxieux mettaient en compétition des stimuli menaçants et des stimuli neutres. Les psychologues du Laboratoire de psychopathologie expérimentale de l'UCL ont élargi le spectre, montrant que, par rapport à des sujets contrôles, les personnes souffrant d'anxiété sociale clinique avérée ont une propension à orienter leur attention vers des stimuli non pertinents pour les activités en cours, fussent-ils sans aucune coloration émotionnelle.

« Ces résultats balisent des voies thérapeutiques inédites reposant sur des programmes de revalidation des processus cognitifs altérés. »

D'autres biais aussi

« Ces résultats balisent des voies thérapeutiques inédites reposant sur des programmes de revalidation des processus cognitifs altérés », dit Alexandre Heeren. Et d'ajouter : « Dans une expérience réalisée par l'armée américaine sans véritable support théorique, des vétérans de la guerre d'Irak souffrant d'anxiété généralisée ont accepté de se soumettre à un entraînement informatisé des fonctions exécutives⁽²⁾ sans référence à des stimuli émotionnels. Après deux semaines d'apprentissage, ils manifestèrent une réduction de leurs ruminations et de leurs préoccupations qui se maintint durant plus de quatre semaines. Pour notre part, nous allons essayer de décrypter le phénomène et de lancer des études cliniques de plus grande ampleur. »

Malgré leur importance, les biais attentionnels ne sont pas les seuls à intervenir dans les troubles anxieux. Des biais mnésiques (mémoire), décisionnels ou relatifs à la reconnaissance des sensations corporelles ont également été rapportés. De quel poids pèsent-ils ? Quels sont les liens potentiels qui les unissent ? Comment les incorporer dans la démarche thérapeutique ? Ces questions restent entières.

Philippe LAMBERT

- ⁽¹⁾ Alexandre Heeren et al., Revisiting attentional processing of non-emotional cues in social anxiety : A specific impairment for the orienting network of attention. *Psychiatry Research*, 2015.
- ⁽²⁾ Ensemble de processus cognitifs de haut niveau qui nous permettent de nous adapter à notre environnement lorsque les routines d'action ne peuvent suffire.
- ⁽³⁾ Alexandre Heeren & Richard J. McNally, An integrative network approach to social anxiety disorder : The complex dynamic interplay among attentional bias for threat, attentional control, and symptoms. *Journal of Anxiety Disorder*, 2016.



Alexandre Heeren
Harvard University
alexandreheeren@fas.harvard.edu

Le double jeu de *Caulobacter* face au cuivre

Le cuivre est un bactéricide naturel. Mais certaines bactéries y résistent mieux que d'autres. C'est notamment le cas de *Caulobacter crescentus* dont les différentes cellules filles ont des stratégies bien à elles pour éviter les excès de cuivre. Des chercheurs de l'UNamur voient de plus en plus clair dans ce double jeu.

Depuis 2011, année de son mémoire, Emeline Lawarée a étudié la bactérie *Caulobacter crescentus*, notamment connue pour son pédoncule qui a une grande capacité d'adhésion.

« *Caulobacter crescentus* est une bactérie aquatique que l'on retrouve dans l'eau du robinet, les lacs, les flaques d'eau ou au niveau de la terre humide, donc quasiment partout. Elle n'est pas pathogène pour l'homme et constitue un excellent modèle pour la recherche », explique Emeline Lawarée, actuellement en post-doctorat à l'Université d'Oxford.

« Outre son pédoncule très adhésif, cette bactérie est pourvue d'une autre particularité : une division asymétrique. Lorsqu'elle se divise en deux cellules filles, *Caulobacter* donne deux bactéries morphologiquement

très différentes. Une des cellules filles est pourvue d'un flagelle qui lui permet de bouger et de coloniser d'autres milieux tandis que l'autre cellule fille est dotée d'un pédoncule et reste collée au substrat. »

Dans la nature, il existe beaucoup de bactéries à division asymétrique et certaines d'entre elles sont pathogènes pour l'homme et/ou pour les plantes et les animaux, comme celles du genre *Brucella* responsable de la brucellose.

« En général, les mécanismes de division asymétriques découverts chez *Caulobacter* peuvent être extrapolés à d'autres bactéries pathogènes, avec le grand avantage que l'on peut manipuler *Caulobacter* sans précaution puisqu'elle n'est pas pathogène », souligne Emeline Lawarée.

Le cuivre, essentiel et toxique à la fois

Au cours de son mémoire, supervisé par le Professeur Jean-Yves Matroule de l'Unité de recherche en biologie et micro-organismes (URBM) à l'UNamur, la scientifique en herbe a d'abord étudié la formation de biofilm par cette bactérie. Ensuite, elle a passé 4,5 mois en stage à la prestigieuse Université de Yale aux USA afin de caractériser l'organisation des membranes de *Caulobacter*. Une expérience qui lui a permis de s'initier à de nouvelles techniques. Forte des connaissances accumulées sur cette bactérie, Emeline Lawarée se lance alors dans une thèse de doctorat.

« Mon objectif était d'étudier comment *Caulobacter crescentus* s'adapte face au stress », indique la jeune femme. C'est dans ce contexte qu'elle en est venue

« Mon objectif était d'étudier comment *Caulobacter crescentus* s'adapte face au stress. »



Dr Emeline Lawarée, UNamur

à étudier la réaction de la bactérie face à un stress cuivré. Le cuivre est un élément essentiel à la vie de tout organisme. L'homme par exemple qui a besoin de cuivre pour le bon fonctionnement de son métabolisme. Des carences en cuivre peuvent mener à divers problèmes de santé. Mais à une concentration trop élevée, le cuivre devient toxique pour les organismes. D'où l'importance pour ces derniers de savoir réguler leur concentration intracellulaire en cuivre. Et *Caulobacter* n'échappe pas à la règle.

A chacune son avantage

Telles deux sœurs ayant leur propre caractère, les cellules filles de *Caulobacter* réagissent différemment face à un stress cuivré selon qu'elles sont flagellées ou pédonculées.

« L'accumulation de cuivre étant toxique, les cellules flagellées vont fuir un envi-

ronnement trop riche en cuivre alors que les cellules pédonculées, immobiles, possèdent un mécanisme - qui leur est spécifique - leur permettant de ne pas accumuler trop de ce métal », explique Emeline Lawarée.

C'est précisément ce double avantage de *Caulobacter* face au stress, et plus particulièrement face à un stress cuivré qui a intéressé la doctorante jusqu'à sa défense de thèse en décembre 2015. Un des mécanismes développés par les cellules pédonculées et qu'elle est parvenue à mettre en lumière implique deux protéines localisées au niveau des membranes de *Caulobacter*. « Des » membranes car cette bactérie étant de type Gram négatif, elle possède deux membranes séparées par un espace appelé périclasme. « L'intérieur de la cellule, le cytoplasme, est séparé du milieu extérieur par une membrane interne, le périclasme et une membrane externe », précise la chercheuse. C'est là que se joue, du moins en partie, la régulation de la concentration intracellulaire en cuivre des cellules pédonculées. Deux protéines situées au niveau du périclasme ont particulièrement retenu l'attention d'Emeline Lawarée : PcoA et PcoB. La première se charge d'oxyder le cuivre sous sa forme Cu⁺ en Cu⁺⁺ afin de le rendre moins toxique. La seconde a pour mission d'éjecter le Cu⁺⁺ du périclasme vers l'extérieur de la cellule. Les cellules flagellées, dépourvues de ce système PcoA-PcoB, sont dès lors incapables de diminuer la concentration intracellulaire en cuivre lorsqu'elles sont dans un environnement riche en cuivre. Afin de survivre dans cet environnement hostile, elles préfèrent fuir pour trouver une nouvelle niche répllicative. Cette découverte a fait l'objet d'une publication dans *Nature Microbiology*⁽¹⁾ en juillet dernier.



« Le cuivre est un bactéricide naturel. Son utilisation est notamment répandue dans les canalisations pour assainir l'eau potable qui y transite. De même, ce métal intéresse de plus en plus les milieux hospitaliers pour lutter contre les infections nosocomiales. »

Eviter la transmission des germes à l'hôpital

En soumettant *Caulobacter* à un stress cuivré, l'objectif des chercheurs était d'observer comment une bactérie qui se divise de manière si particulière réagit à ce type de stress. Et ils ont donc pu observer que les cellules filles développent des mécanismes différents pour se protéger d'une intoxication au cuivre. Si les cellules pédonculées, forcées de faire face à ce stress, ont trouvé le moyen d'éjecter l'excès de cuivre hors de leur milieu intracellulaire, les cellules flagellées, elles, prennent la fuite. « Un des objectifs poursuivis par l'équipe de Jean-Yves Mouton est maintenant de comprendre la réponse des cellules flagellées. Comment sont-elles capables de sentir ce stress cuivré et de prendre la décision de quitter un environnement néfaste pour elles ? La réponse à d'autres stress, fréquemment rencontrés par *Caulobacter*, sera également étudiée », indique Emeline Lawarée. Une fois que les scientifiques auront répondu à ces questions, il sera intéressant de voir si leurs résultats peuvent être extrapolés aux bactéries pathogènes qui présentent également une division asymétrique.

Le cuivre est un bactéricide naturel. Son utilisation est notamment répandue dans les canalisations pour assainir l'eau potable qui y transite. De même, ce métal intéresse de plus en plus les milieux hospitaliers pour lutter contre les infections nosocomiales. Ainsi, de nombreux hôpitaux ont décidé de couvrir de cuivre certains points stratégiques de leur mobilier tels que les poignées de porte, les rampes, les robinets, etc. Cette démarche permet de réduire la transmission des germes au sein des établissements particulièrement exposés aux bactéries. « Chez l'humain il a été montré que lorsqu'une bactérie pathogène, telle que *Brucella* par exemple, infecte une cellule, celle-ci va avoir tendance à augmenter sa concentration intracellulaire en cuivre afin de devenir toxique pour la bactérie qui l'infecte », précise Emeline Lawarée. Mais il a également été montré que certaines bactéries pathogènes sont capables de

s'adapter à ce mécanisme de défense de la cellule et de survivre malgré tout. « On va donc essayer de voir si ce qu'on a découvert chez *Caulobacter* est applicable à ces pathogènes ». Le cas échéant, les découvertes réalisées au sein de l'URBM de l'UNamur pourront servir de pistes pour lutter contre la résistance de ces bactéries au cuivre.

Des techniques sur mesure

Durant sa thèse, Emeline Lawarée a eu recours à des techniques classiques telles que le clonage, la microscopie à fluorescence ou le western blot. Mais la jeune chercheuse a également adapté deux techniques particulières pour atteindre ses objectifs de recherche « En partenariat avec l'Université de Yale, nous avons mis au point un système de chimiotaxie basé sur la microscopie afin de pouvoir suivre le mouvement des cellules flagellées en temps réel », explique Emeline Lawarée. La chimiotaxie est le phénomène par lequel des cellules bougent en réponse à la présence de certaines espèces chimiques dans leur environnement. La seconde technique remaniée dans le cadre de ces travaux est une méthode de spectrométrie d'absorption atomique permettant de mesurer la concentration intracellulaire en cuivre chez les bactéries.

Après sa défense de thèse, Emeline Lawarée a rejoint la Sir William Dunn School of Pathology à l'Université d'Oxford pour un post-doctorat où elle met maintenant à profit son expérience pour étudier une bactérie pathogène pour l'homme du genre *Shigella*.

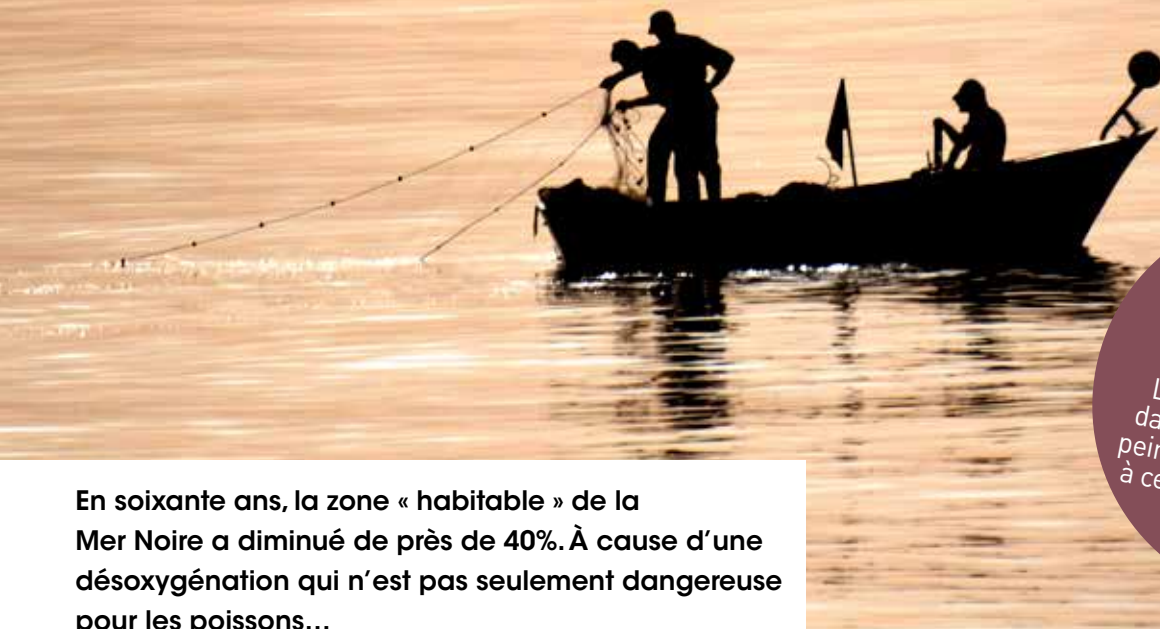
Audrey Binet

⁽¹⁾ Emeline Lawarée, Sébastien Gillet, Gwennaëlle Louis, Françoise Tilquin, Sophie Le Blastier, Pierre Cambier & Jean-Yves Mouton. *Caulobacter crescentus* intrinsic dimorphism provides a prompt bimodal response to copper stress. *Nature Microbiology* 1, doi:10.1038/nmicrobiol.2016.98.



Emeline Lawarée
URBM, UNamur
emeline.lawaree@unamur.be

Pas rose, l'avenir de la Mer Noire !



En soixante ans, la zone « habitable » de la Mer Noire a diminué de près de 40%. À cause d'une désoxygénation qui n'est pas seulement dangereuse pour les poissons...

« La Mer Noire, je ne la connaissais pas, avoue Arthur Capet, qui vient de cosigner un article sur le déclin de l'oxygène en Mer Noire, publié dans la revue *Biogéosciences* ⁽¹⁾. Ce qui me séduisait, c'était l'idée de modéliser le vivant, et surtout le marin, car j'ai toujours été fasciné par la mer... Après mes études de physique, je me suis donc renseigné sur la possibilité de faire une thèse dans le cadre du GHER (le groupe de recherche GeoHydro-

dynamics and Environment Research de l'Université de Liège). La modélisation de la Mer Noire y avait été entamée, à la fin des années 1980, par le professeur bulgare Emil Stanev. Son modèle devait être développé et intégrer une dimension biogéochimique pour les projets européens SESAME et PERSEUS, dont l'objectif était d'évaluer les biens et services fournis par les mers du Sud de l'Europe... Je me suis laissé tenter, et je sais aujourd'hui que c'était un très bon choix ! »

Stratification permanente

La Mer Noire, en effet, n'est pas une mer comme les autres. Sa situation la rend même unique au monde. Coincée au milieu des terres, dans un écrin de rochers et de verdure, elle pourrait passer pour un grand lac si elle n'était pas en contact direct avec la Méditerranée par une entaille d'un kilomètre de large à peine : le détroit du Bosphore. « C'est par le Bosphore que l'eau salée pénètre dans la Mer Noire, explique Arthur Capet. Comme elle est plus dense que l'eau douce amenée principalement par le Danube, elle coule directement au fond, comme une cascade. » L'eau douce, elle, colonise les couches supérieures de la colonne d'eau, sans se mélanger avec les

couches inférieures salées. « Le contraste entre ces deux apports maintient un gradient de densité qui empêche le mélange vertical. Même si elle se retrouve, dans une moindre mesure, dans d'autres bassins comme la Mer Baltique, cette stratification permanente est une caractéristique essentielle de la Mer Noire. »

Le chaud et le froid

En raison de cette stratification permanente, les eaux profondes de ce gigantesque bassin sont – et ont toujours été – dépourvues d'oxygène. La frontière entre le fond anoxique et les eaux oxygénées est encore renforcée par une stratification saisonnière due à la température de l'eau. « En hiver, précise Arthur Capet, la baisse des températures et la force des vents entraînent la formation d'une eau de surface plus froide et riche en oxygène. L'eau froide étant plus dense que l'eau chaude, cette eau froide va plonger, et avec elle l'oxygène qu'elle contient. Il s'ensuit un phénomène de brassage, et donc de ventilation, qui existe aussi ailleurs. Mais, en Méditerranée, par exemple, l'eau froide coule jusqu'au fond, alors qu'en Mer Noire, elle est bloquée au-dessus de la zone anoxique par le gradient de densité lié à la salinité : impossible de

descendre plus bas ! Elle s'accumule donc en une « cold intermediate layer », couche froide intermédiaire qui se renouvelle en quatre à cinq ans... »

90 mètres

Les organismes qui ont besoin d'oxygène – et en particulier les poissons – ne peuvent par conséquent survivre que dans la partie supérieure de la Mer Noire. En 1955, la profondeur de cette zone habitable était en moyenne de 140 mètres. Mais, en compilant les mesures prises jusqu'au début des années 2000 par des navires océanographiques et ensuite par des flotteurs-profondeurs autonomes Argos, Arthur Capet et l'équipe du MAST (Modelling for Aquatic Systems de l'ULg) ont découvert qu'aujourd'hui, elle est à peine de 90 mètres. « Ce processus n'est pas propre à la Mer Noire, commente Arthur Capet. D'autres mers et océans ont vu leur contenu en oxygène décliner ces dernières décennies. Mais la configuration particulière de la Mer Noire rend cette désoxygénation particulièrement rapide et inquiétante. »

Solubilité

Cette évolution s'explique d'abord par une importante eutrophisation du bassin du

376.000 tonnes

Les quantités pêchées dans la Mer Noire sont à peine deux fois inférieures à celles de l'ensemble de la Méditerranée

« L'avenir des pêcheurs de la Mer Noire risque d'être gravement compromis, et on ne s'en rendra compte, soudainement, que lorsqu'il sera trop tard. »



« Plus l'eau de la Mer Noire se réchauffe, moins elle peut intégrer l'oxygène disponible dans l'atmosphère. »

Pêche miraculeuse

La remontée progressive de la limite verticale étant désormais liée au réchauffement climatique, il y a peu de chances pour qu'elle s'arrête, d'autant que l'activité économique, et donc l'eutrophisation consécutive à l'émission de nutriments, ont repris de plus belle. « Ce rétrécissement de la zone habitable modifie évidemment l'organisation de l'écosystème, résume Arthur Capet. Outre que la cohabitation des espèces pélagiques devient de plus en plus difficile, leur vulnérabilité par rapport au prédateur majeur – l'homme – ne cesse d'augmenter. Il faut savoir que les quantités pêchées dans la seule Mer Noire sont à peine deux fois inférieures à celles de l'ensemble de la Méditerranée : 376.000 tonnes en 2013. Pour évaluer les stocks disponibles, on compare les prises à l'effort développé : nombre de bateaux, types de filets, etc. Ce qu'on oublie, c'est que la compression verticale de l'habitat rend les poissons plus faciles à attraper : sans augmenter leur effort, les pêcheurs en prennent plus, ce qui les amène forcément à une estimation biaisée de l'état des stocks. Selon moi, une des premières priorités est donc de prendre ce facteur en compte dans les directives de régulation de la pêche. Sinon, l'avenir



Dr Arthur Capet, ULG

Danube au cours des années 1970 et 1980. « Durant cette période, l'activité économique s'y est considérablement accrue : l'ex-URSS y a créé d'immenses fermes et stimulé l'élevage du bétail. Les engrais et les déchets organiques liés à ces activités ont été charriés par le Danube jusqu'à la Mer Noire, où cet apport massif de nitrates et de phosphates a favorisé la prolifération des algues... » Or, lorsqu'elles meurent et se décomposent, les algues développées grâce à ces nutriments absorbent d'énormes quantités d'oxygène. « Dans les années 1990, les effets conjugués de l'effondrement de l'économie russe, des premières mesures environnementales et d'une succession d'hivers froids qui assurent une ventilation physique stabilisent momentanément la limite verticale, constate Arthur Capet. Mais la désoxygénation ne tarde pas à reprendre, cette fois en raison du réchauffement climatique. La création hivernale d'eau dense, qui était autrefois systématique, est devenue épisodique, de sorte que la ventilation en profondeur se fait mal. De plus, la solubilité de l'oxygène dans l'eau de mer dépend de la température. Autrement dit, plus l'eau de la Mer Noire se réchauffe, moins elle peut intégrer l'oxygène disponible dans l'atmosphère. »



SI VOUS NE LA CONNAISSEZ PAS...

... la Mer Noire, d'une superficie de 345.238 km², est une « jeune » mer – 10.000 ans à peine – comprise entre l'Ukraine au Nord, le Caucase à l'Est et la Turquie au Sud. Au Sud-Ouest, elle communique avec la Méditerranée par le détroit du Bosphore, la mer de Marmara et le détroit des Dardanelles. Au Nord-Est, elle est reliée à la mer d'Azov (beaucoup plus petite : 37.605 km² seulement) par le détroit de Kerch. Dans sa partie la plus profonde, elle dépasse 2000 mètres. Dès l'Antiquité, elle était si connue pour ses conditions météorologiques capricieuses et souvent extrêmes que les Grecs l'appelaient ironiquement *Pontos Euxéinos* (le futur Pont-Euxin), mer hospitalière.



des pêcheurs de la Mer Noire risque d'être gravement compromis, et on ne s'en rendra compte, soudainement, que lorsqu'il sera trop tard. »

Mort d'un joggeur

À ce risque principal s'en ajoute un autre, non moins perturbant. « Comme je l'ai rappelé à propos des algues, la décomposition de la matière organique par des bactéries consomme de l'oxygène. Quand il n'y a plus d'oxygène, les bactéries utilisent des nitrates, puis des oxydes de manganèse, de fer, et enfin des sulfates, ce qui entraîne la production de sulfure d'hydrogène (H₂S), qui est un gaz hautement toxique. C'est le dégagement localisé de ce sulfure d'hydrogène par des algues vertes en putréfaction qui est soupçonné d'avoir tué un joggeur, en septembre dernier, sur une plage bretonne. Or, en Mer Noire, entre 200 et 2000 mètres de profondeur, il y a le plus gros réservoir de sulfure d'hydrogène au monde... Si ce gaz s'infiltrait dans la zone habitable, en raison d'événements météorologiques ou géologiques, les répercussions sur la population marine seraient catastrophiques. Nous ne savons pas encore si la réserve de H₂S remonte en même temps que la limite verticale, mais c'est très vraisemblable. Pour y voir plus clair, nous devons modéliser ces processus et évaluer la concentration du H₂S et le risque d'excursions verticales dans le cadre des scénarios climatiques et socio-économiques envisagés pour l'avenir. »

Nouveau défi

Dans les trois prochaines années, Arthur Capet va se consacrer à un projet PDR du FNRS, appelé BENTHOX (de fond BENTHique et Oxygène) et notamment destiné à déterminer, à partir du cas de la Mer Noire, l'impact des événements hypoxiques sur la distribution des espèces benthiques. Pour ce faire, deux campagnes exceptionnelles ont lieu dans les eaux territoriales ukrainiennes, dans le cadre d'un programme des Nations Unies au développement (EMBLAS, <http://labos.ulg.ac.be/mast/projects/benthox/>). « Mais, dans l'avenir, je voudrais étendre mes recherches à la désoxygénation globale, et à la manière dont l'hypoxie ou l'anoxie affectent la santé des écosystèmes marins, aussi bien côtiers qu'au large. Un réseau baptisé GO2NE – Global Ocean Oxygen Network – est d'ailleurs en train de se mettre en place, à l'initiative de l'Unesco, pour éveiller les consciences. À côté du réchauffement et de l'acidification, la désoxygénation est le nouveau défi à relever. »

Marie-Françoise Dispa

⁽¹⁾ Arthur Capet, Emil V. Stanev, Jean-Marie Beckers, James W. Murray & Marilouise Grégoire, Decline of the Black Sea oxygen inventory, *Biogeosciences*, 13, 1287-1297, 2016.



Arthur Capet
MAST, ULG
acapet@ulg.ac.be

Enregistrer et manipuler le champ magnétique des supraconducteurs

Des physiciens liégeois sont parvenus à mieux comprendre et contrôler la supraconductivité de matériaux plongés dans un champ magnétique.



Jérémy Brisbois, ULg

« Nous avons réussi à imprimer les trajectoires des vortex, et à en garder une trace avant qu'ils ne disparaissent. »

La polarisation locale d'un matériau magnétique est un moyen bien connu de stocker des informations : cartes de crédit, disques durs d'ordinateurs et... ardoise magique des enfants fonctionnent selon ce principe. Il suffit de disposer d'un matériau magnétique et d'une source très localisée de champ magnétique. Ainsi, dans l'ardoise magique, le stylet contient un petit aimant (la source magnétique) qui permet à l'enfant de dessiner sur l'ardoise en attirant et ordonnant les particules magnétiques dont l'ardoise est recouverte sous le film protecteur. C'est un système semblable qu'ont expérimenté Jérémy Brisbois et d'autres physiciens de l'Université de Liège⁽¹⁾ pour enregistrer le passage du champ magnétique dans un matériau supraconducteur. Quel intérêt ? Les matériaux supraconducteurs restent une des technologies les plus prometteuses : ils permettent en effet le passage d'un courant électrique sans résistance et ils expulsent le champ magnétique qui

les traverse, deux qualités exploitées dans bien des technologies, depuis la fabrication d'aimants très puissants pour l'imagerie médicale jusqu'aux trains à lévitation magnétique. Mais ils ont deux défauts qui freinent le développement de ces techniques : le phénomène de supraconductivité ne se produit qu'à des températures très basses (d'où l'incessante quête d'alliages qui permettent le phénomène à des températures « ambiantes ») et la conductivité parfaite disparaît lorsqu'un courant trop intense est appliqué alors que les supraconducteurs sont plongés dans un champ magnétique. C'est cette seconde propriété qui nous intéresse ici.

Vortex cylindriques

Comment expliquer la disparition de la conductivité parfaite en présence d'un courant intense ? Par le déplacement des lignes de champ magnétique dans le matériau. Celles-ci se regroupent en effet en minuscules cylindres mesurant une

centaine de nanomètres, appelés vortex. Dans ces cylindres, le matériau est normal (non supraconducteur) et en l'absence de courant ou si celui-ci est trop faible, ils ne bougent pas, d'où les propriétés supraconductrices du matériau. Si le courant devient trop intense cependant, ces vortex bougent dans le matériau, ce qui dissipe de l'énergie et met fin au caractère parfait de la conductivité du matériau.

« Les chercheurs, explique Jérémy Brisbois, aspirant FRS-FNRS au Département de physique de l'ULg et premier auteur de l'article, tentent évidemment de reporter cette limite toujours plus loin (c'est-à-dire garder la conductivité parfaite à des champs et des courants de plus en plus élevés). Pour cela, il faut en savoir plus sur le comportement des vortex et trouver un moyen de les figer dans le matériau. » Une des manières d'y arriver, la plus intuitive sans doute, est de forer des trous minuscules dans le matériau pour que les vortex y « tombent » et y restent figés. Une

« La polarisation locale d'un matériau magnétique est un moyen bien connu de stocker des informations : cartes de crédit, disques durs d'ordinateurs et... ardoise magique des enfants fonctionnent selon ce principe. »



méthode qui a fait ses preuves mais qui manque singulièrement de flexibilité : les trous faits, on ne peut revenir en arrière. Si on veut étudier une autre configuration, il faut « usiner » un nouveau matériau. « Nous avons donc cherché une méthode plus flexible, explique Jérémie Brisbois : placer une fine couche magnétique sur le supraconducteur (voir figure 1). C'est le même principe que celui de l'ardoise magique. Dans notre cas, le rôle de l'ardoise est joué par la fine couche de matériau magnétique qui recouvre le supraconducteur et le rôle du stylet est tenu par les vortex supraconducteurs qui sont une source très localisée de champ magnétique. Ils vont donc, eux aussi, laisser une trace de leur passage en polarisant localement la couche magnétique ».

Garder une trace

Les physiciens ont alors multiplié les expériences, faisant varier différents paramètres comme l'épaisseur de la couche ferromagnétique (50 nm ou 450 nm) et la température. Parmi les différents résultats ainsi obtenus, qui contribuent à mieux faire comprendre le phénomène de formation et progression des vortex dans le supraconducteur, l'un d'entre eux est particulièrement remarquable (figure 2). Lorsque le dispositif est refroidi à très basse température (4K ou -269°C), les vortex entrent brutalement dans le supraconducteur et forment des branches de flux magnétique, aussi appelées avalanches. Dans ce cas, lorsque la température est augmentée jusqu'à détruire complètement la supraconductivité, les traces des vortex restent visibles dans la couche magnétique. « Autrement dit, explique Jérémie Brisbois, nous avons réussi à imprimer les trajectoires des vortex, et à en garder une trace avant qu'ils ne disparaissent. » Un résultat d'autant plus intéressant que les traces restent visibles à température ambiante, ce qui facilite évidemment leur observation et l'étude du comportement des vortex.

Ayant réussi à enregistrer la trace des vortex, les chercheurs ont tenté d'imprimer à température ambiante d'autres sources de champ magnétique dans la couche ferromagnétique, notamment une structure magnétique (NdFeB) composée de carrés d'une centaine de µm de côté, aimantés alternativement en sens opposés (voir figure 3). Lorsque cet « échiquier » d'un genre particulier est mis en contact direct avec la couche ferromagnétique qui recouvre le supraconducteur, on voit nettement que le champ magnétique s'y imprime.

« Dès lors, explique Jérémie Brisbois, l'impression de l'échiquier laissée dans la couche magnétique peut être utilisée pour influencer le déplacement des vortex dans le supraconducteur. L'avantage de cette technique, par rapport au forage de trous dans le matériau, c'est que notre échiquier est évidemment très maniable : on peut imaginer une multitude de géométries différentes et il est très facile d'en changer. Un seul échantillon suffit pour tout tester : on garde la trace, on efface, on recommence, exactement comme un enfant avec son ardoise magique ! » Une flexibilité qui permet de faire un pas de géant dans l'étude des vortex et de leur comportement, ainsi que pour le contrôle de leur déplacement, puisqu'elle rend les expérimentateurs maîtres de la manœuvre. Il ne s'agit plus seulement d'observer, mais bien de guider les vortex en fonction du but recherché.

Henri Dupuis

⁽¹⁾ Imprinting superconducting vortex footsteps in a magnetic layer, Brisbois Jérémie et al., Scientific Reports 6, 27159 (2016).



Jérémie Brisbois
Aspirant F.R.S.-FNRS
Physique expérimentale, ULg
jbrisbois@ulg.ac.be

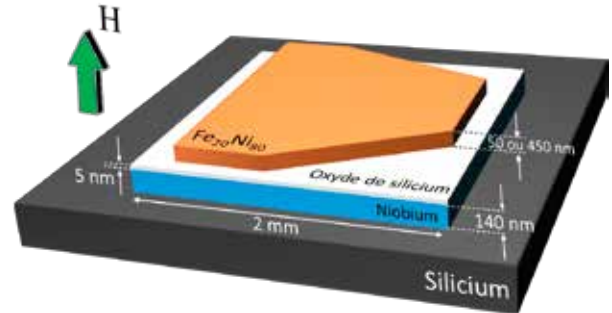


Figure 1 - Schéma du dispositif étudié, fabriqué sur un substrat de silicium (en gris). Le supraconducteur (en bleu) est un carré de niobium. Il est partiellement couvert d'une couche ferromagnétique polygonale (en orange) composée de Fe₂₀Ni₈₀ (ou permalloy). Par ailleurs, une fine couche d'oxyde de silicium placée entre le supraconducteur et le matériau magnétique permet d'isoler électriquement les deux matériaux. Au cours des expériences, le dispositif est plongé dans un champ magnétique H perpendiculaire (flèche verte).

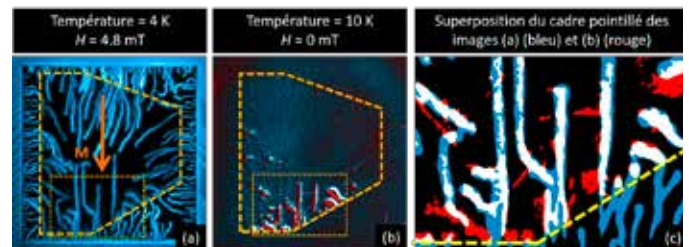


Figure 2 - L'image (a) cartographie la pénétration des vortex lorsque l'aimantation de la couche magnétique est dans la direction de la flèche orange. Les vortex entrent ici brutalement sous la forme de branches étroites, appelées avalanches (en bleu). Lorsque le dispositif est réchauffé au-dessus de sa température critique, la supraconductivité disparaît, et l'image (b) montre les traces laissées par les vortex dans la couche magnétique, d'une épaisseur de 50 nm. Celles-ci sont seulement présentes du côté où les vortex sont rentrés dans la direction opposée à l'aimantation, car elles résultent du renversement de l'aimantation par le flux entrant dans le permalloy. L'image (c) indique une excellente correspondance entre les traces dans la couche magnétique (en rouge) et la pénétration des vortex (en bleu) ; les endroits où bleu et rouge se superposent sont colorés blanc.

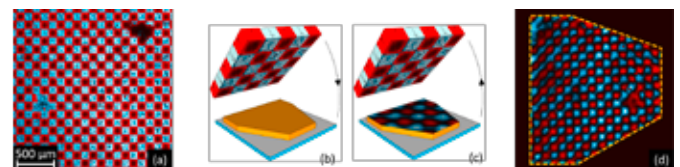


Figure 3 - L'image (a) montre le champ magnétique dans une structure magnétique en NdFeB, avec une géométrie d'échiquier : chaque carré blanc-bleu correspond à un champ magnétique positif, tandis qu'un carré rouge indique un champ négatif. Lorsque cet échiquier est pressé contre la couche magnétique de 450 nm d'épaisseur (b), et ensuite retiré (c), il y laisse une trace, représentée dans l'image (d). Celle-ci prouve qu'en plus d'être utilisée pour enregistrer la trace du passage des vortex, la couche magnétique peut aussi jouer le rôle d'ardoise magique pour d'autres sources de champ magnétique.

Quand les bactéries expulsent les antibiotiques !



Pr Cédric Govaerts, ULB

La résistance des bactéries aux antibiotiques fait partie des grands défis de la recherche, comme une épée de Damoclès sur l'Humanité. C'est pourquoi les chercheurs s'activent à contourner les mécanismes mis en place par les bactéries qui font que les antibiotiques ne parviennent plus à jouer leur rôle. Cédric Govaerts et son équipe s'attaquent à un de ces mécanismes : le système que l'on pourrait qualifier de détoxification.

« Pour éviter les assauts des antibiotiques les bactéries mettent en œuvre quatre mécanismes : le premier est la mutation pour les rendre indétectables aux antibiotiques qui ne les reconnaissent dès lors plus comme cibles à abattre ; le deuxième est le changement dans la perméabilité de leur membrane, ce qui empêche l'antibiotique d'y entrer ; le troisième est la production d'une enzyme capable de dégrader les molécules d'antibiotiques (comme c'est le cas pour le β -lactamase) ; et le quatrième repose sur la capacité de transporteurs, situés à la surface de la membrane bactérienne, à rejeter activement l'attaque chimique. C'est ce dernier mécanisme que nous étudions et cherchons à contrer », explique Cédric

Govaerts (Structure et Fonction des Membranes biologiques, Faculté des Sciences – ULB).

La détox contre les antibiotiques !

« Nous savons que la bactérie peut exprimer au niveau de sa membrane – qui lui confère elle-même une certaine protection – des protéines capables de reconnaître, mais aussi d'expulser hors de la bactérie, des molécules toxiques comme les antibiotiques qui risqueraient de la mettre en péril ou de la tuer. »

Plus concrètement, la bactérie a mis au point un système de « pompe à efflux » qui capte les molécules d'antibiotique pour les rejeter à l'extérieur de la cellule

bactérienne et ce, avec une rapidité de réaction, et une efficacité redoutables. Résultat, il faut une dose d'antibiotiques de 2 à 100 fois plus importante pour arriver à bout des bactéries qui expriment ce type de transporteur. Le groupe de Cédric Govaerts étudie les mécanismes fondamentaux qui sous-tendent ce phénomène d'efflux, et en particulier comment les mouvements moléculaires de ces protéines leur confèrent des propriétés de transport.

Cédric Govaerts précise cependant que ces mécanismes ne lui procurent pas une protection complète, mais qui s'avèrent cependant suffisante pour lui permettre d'être plus robuste et de « laisser passer la vague » du traitement. Il s'agit d'une

première ligne de défense qui peut précéder le développement d'autres mécanismes d'adaptation.

Des agents très spéciaux...

« On savait déjà qu'il existe des transporteurs, c'est-à-dire des protéines qui transportent des agents extérieurs vers l'intérieur de la bactérie. Ils sont spécifiques, c'est-à-dire qu'ils ne transportent qu'une seule sorte d'agents. Or, ici, nous sommes en présence d'« exporteurs » qui viennent nettoyer la bactérie des molécules de médicaments pour les amener hors de la cellule ; et le plus étonnant est qu'ils ne sont pas du tout spécifiques ! Autrement dit, un même « exporteur » peut être capable de reconnaître et d'expulser une vaste gamme de molécules de tailles différentes. Alors qu'en général, leur poche de liaison ne peut se combiner qu'à une seule taille de molécule, comme une pièce de puzzle ne peut s'accrocher qu'à une seule autre... Reste à étudier les caractéristiques de ces « exporteurs » pour tenter de les contrer... »

Une autre question qui se pose est celle de savoir comment ces bactéries, vieilles de plusieurs millions d'années, peuvent-elles avoir dans leur génome un moyen aussi efficace pour reconnaître rapidement des antibiotiques que nous n'avons pourtant développé que durant ces 60 dernières années ?

« Les micro-organismes tels que les bactéries, levures, etc. luttent entre elles



« La bactérie a mis au point un système de « pompe à efflux » qui capte les molécules d'antibiotique pour les rejeter à l'extérieur de la cellule bactérienne et ce, avec une rapidité de réaction, et une efficacité redoutables. »

« Nous resterons dans une logique de course, car la bactérie trouvera à terme des moyens de se protéger. Même si elle ne peut pas résister à tout... »



depuis la nuit des temps, en produisant chacun des molécules aux vertus « antibiotiques ». D'ailleurs, les antibiotiques utilisés par l'homme sont souvent des molécules issues de la nature... Rien de nouveau donc pour les bactéries qui se sont donc en quelque sorte adaptées à ces attaques : elles peuvent donc réagir rapidement à une attaque nouvelle. »

Bien connaître les mécanismes

Cédric Govaerts en est arrivé à travailler sur ces mécanismes lors de son entrée dans le laboratoire, il y a 10 ans.

« Il s'agit d'une recherche fondamentale qui n'est pas motivée par la découverte, à tout prix, d'un traitement. Développer trop vite une molécule qui viserait à inhiber ce mécanisme, avant de le comprendre entièrement, serait voué à l'échec car il est nécessaire de développer les connaissances adéquates des mécanismes impliqués pour établir les stratégies appropriées... C'est un des enjeux de la recherche fondamentale. »

Mais le chercheur n'exclut pas la possibilité de trouver une réponse à certaines résistances, comme celles du Staphylocoque doré, par exemple.

« Les souches de staphylocoques les plus résistantes sont celles qui sont les plus riches en ces transporteurs. Un autre pathogène qui dispose également d'un nombre important de transporteurs est

Pseudomonas aeruginosa, capable de rejeter absolument toutes les molécules d'antibiotiques, et pas uniquement dans le cadre d'une première vague ! Il peut donc être particulièrement résistant aux antibiotiques et potentiellement très dangereux. C'est en étudiant des modèles de bactéries plus faciles à étudier, inoffensifs, mais néanmoins semblables à ces deux pathogènes virulents, que l'on peut comprendre ces derniers. Grâce aux connaissances accumulées, on peut comprendre les fondements et dès lors poser les bonnes questions face aux plus pathogènes afin d'être pertinents immédiatement lors de leur étude. »

Développements attendus ?

La lutte contre la résistance aux antibiotiques passe par deux moyens : agir sur la bactérie et ses mécanismes fondamentaux, et développer de nouveaux antibiotiques capables de déjouer les protections des bactéries.

« La découverte de nouveaux antibiotiques, réellement différents de ceux utilisés aujourd'hui, est un enjeu majeur des prochaines années. De nombreuses équipes tentent aujourd'hui de développer de novo des molécules originales. Un autre espoir important réside encore dans les produits naturels, c'est-à-dire des molécules produites par des micro-organismes et qui pourraient avoir des propriétés antibiotiques. Certaines études indiquent qu'il reste une richesse naturelle



inexploitée dans les sols, le milieu marin, etc. et contre laquelle les bactéries pathogènes ne disposent pas de résistance. Mais nous resterons dans une logique de course, car la bactérie trouvera à terme des moyens de se protéger. Même si elle ne peut pas résister à tout... Par contre, la compréhension de ses mécanismes et la possibilité de les dépasser pourraient être une voie plus durable dans cette lutte et les pompes à efflux sont clairement une des clés du problème. Si les différentes classes des transporteurs multidrogues que nous avons identifiées opèrent selon des principes similaires, elles sont différentes dans les détails... Or, pour pouvoir élaborer un traitement, le détail sera crucial, il faudra être spécifique », intervient le chercheur.

Nous en sommes donc encore à devoir chercher de nouveaux antibiotiques pour ne pas perdre cette course contre les bactéries résistantes, mais à terme, il faudra

bien trouver des solutions qui permettront de déjouer les astuces développées par les bactéries... Notons en outre que cette recherche pourrait servir également d'autres spécialistes.

« Ce mécanisme d'efflux permettant de se protéger par rapport aux traitements se retrouve également dans des cellules cancéreuses réfractaires aux chimiothérapies », conclut Cédric Govaerts. Une piste est donc aussi ouverte dans ce domaine.

Carine Maillard



Cédric Govaerts
Chercheur qualifié F.R.S.-FNRS
SFMB, ULB
cgoaert@ulb.ac.be

Mais est-ce bien le boson ?

Voilà une question fondamentale à laquelle tente de répondre le Pr Claude Duhr de l'Université Catholique de Louvain. Actuellement, au CERN à Genève pour y mener ses recherches, Claude Duhr s'est consacré à la physique théorique. La question titulaire est essentielle, car il faut établir ses propriétés avec la plus grande précision possible. Il a réalisé une sorte de prouesse en réussissant à améliorer les calculs permettant de prédire avec plus de précision l'apparition du fameux boson de Brout, Englert et Higgs (BEH).

Tout le monde se souvient de la cérémonie de remise des Prix Nobel aux Prs François Englert et Peter Higgs pour la création d'un modèle théorique prédictif de l'existence avec le Pr Robert Brout d'une particule élémentaire, le boson BEH, plus connu sous le vocable « boson de Higgs », permettant d'unifier une partie des forces en présence dans la physique moderne.

Pour expliquer que ce que l'on observe dans la nature correspond bien à nos attentes théoriques, il est nécessaire qu'une telle particule ait certaines propriétés.

« C'est en 2012, qu'au LHC du CERN (Genève, Suisse), des scientifiques ont pu mettre en évidence une particule qui est compatible avec les prédictions du Modèle Standard de la physique des particules, qui se base aussi sur le travail

de ces trois scientifiques. Toutefois, la question de savoir s'il s'agit bien de la particule prédite en 1964 demeure... » explique le Pr Claude Duhr (UCL). *« C'est à ce moment-là que mon travail commence en tant que physicien théoricien. Je n'étais donc pas directement impliqué dans la découverte de la particule en question. »*

Prédire le boson

En effet, le travail de Claude Duhr vient en amont des nouvelles expériences qui sont mises en œuvre. Il réalise des prédictions théoriques aussi précises que possible que les expérimentateurs pourront utiliser et comparer aux données obtenues lors de leurs expériences. Comme chacun sait, toutes les expériences réalisées au LHC se basent sur la physique quantique.

Pour mémoire, cette science ne peut que prédire la probabilité d'un événement à se produire. *« Au LHC, la seule chose que l'on peut prédire est la probabilité, par exemple, que lors d'une collision de deux protons il y ait une production un Boson BEH. Toute collision de protons ne provoque pas l'apparition d'un boson BEH. Si la particule trouvée en 2012 est bien le boson BEH comme prédit par notre modèle théorique, alors il faut que la probabilité avec laquelle cette particule est produite soit compatible avec la théorie. »* Les calculs ont été réalisés dans les années 90 puis dans les années 2000 avec des degrés de précision de plus en plus grands. *« Néanmoins, il restait encore une incertitude d'environ 10% sur les prédictions théoriques. »*



Pr Claude Duhr, UCL / CERN

« Tous les 6 mois environ, les expérimentateurs publient les résultats des données rassemblées et vérifient si les observations correspondent bien aux prédictions théoriques. »

Il fallait donc pouvoir vérifier avec plus de précision le modèle proposé. *« C'est exactement ce que nous avons réalisé dans le dernier article que nous avons fait paraître. Nous avons pu réduire l'incertitude de ces calculs. »* Le résultat n'est ni plus ni moins que la meilleure prédiction mondiale de la probabilité que la collision de deux protons au LHC donne un boson BEH. Le résultat du calcul de C. Duhr et ses collègues est devenu désormais la référence que vont utiliser les expérimentateurs au LHC. *« Il s'agit donc bien d'une vérification de la conformité entre ce que le modèle prédit et ce qui est trouvé lors des collisions au LHC. Pour le moment, nos calculs semblent correspondre à ce qui est effectivement observé lors des expériences. »*

« D'un point de vue technologique, pour construire les expériences, nous avons besoin d'ingénieurs pour développer des technologies de pointe qui pourront servir dans la vie courante. »

En effet, les collisions au LHC se déroulent sans discontinuer. *« Actuellement, les collisions devraient se poursuivre jusque vers la fin des années 2020. Les chercheurs disposent donc de nos calculs pour déterminer si la particule qui est produite correspond au modèle théorique. Nous allons donc rassembler les données pour des années encore. »*

Tous les 6 mois environ, les expérimentateurs publient les résultats des données rassemblées et vérifient si les observations correspondent bien aux prédictions théoriques. Pour donner une analogie, parmi toutes les particules produites, on pourrait imaginer que les calculs déterminent une collision sur cent produit un boson BEH. Deux questions alors viennent à l'esprit à savoir ce que cela permet de nous apprendre sur le boson BEH et, à l'inverse, que va-t-il se passer si les calculs ne sont pas confirmés ? Si le boson correspond bien au Modèle Standard, nous devons observer effectivement qu'un centième des particules sont des bosons BEH. Si l'on voit autre chose, cela signifie que les propriétés de ce boson sont un peu différentes de ce que l'on pensait.

Une particule de poids...

Rappelons que le modèle de Brout-Englert-Higgs permet d'expliquer comment les particules sont capables d'obtenir leur masse. *« A ce boson correspond un champ qui remplit tout l'espace. Toutes les particules élémentaires qui circulent dans cet espace et interagissent avec ce champ acquièrent une masse. Comprendre les propriétés de ce boson est essentiel. Bien entendu, on est presque sûr*

que le Modèle Standard est correcte, mais il reste des zones d'ombre. C'est peut-être un peu différent de ce que l'on avait imaginé. Il y a peut-être d'autres particules qui participent au même mécanisme. Il existe peut-être des « frères » et des « sœurs » du boson BEH qui sont encore à découvrir. C'est pour cette raison qu'il est important de tester les propriétés de ce boson. »

Effectivement, il s'agit d'une question fondamentale de savoir ce qui donne une masse à toutes ces particules, à tout ce qui nous entoure et donc finalement aussi à nous-mêmes. L'origine de la masse pose toujours question. *« L'unification des 4 forces de la nature, électromagnétisme, force nucléaire faible, force nucléaire forte et gravitation, constitue une quête de la physique moderne. Le boson BEH vient nous expliquer néanmoins un certain nombre de choses comme le fait de savoir pourquoi la force nucléaire faible n'existe qu'à une toute petite échelle : atomique essentiellement. En physique moderne, toutes les forces sont transmises par les particules. Autrement dit, si une force agit, c'est qu'il existe une particule qui va permettre la transmission de cette force. Pour les forces nucléaires faibles, ce sont les bosons W et Z et pour l'électromagnétisme, le photon. Mais le photon n'a pas de masse, il n'interagit donc pas avec le boson BEH. Les bosons W et Z sont quant à eux fortement freiné par le champ produit par le boson BEH. C'est pour cette raison que la force nucléaire faible ne peut pas être perçue à notre échelle macroscopique contrairement au photon. Donc le boson BEH est relié à ces forces élémentaires. »*

Sur la corde raide

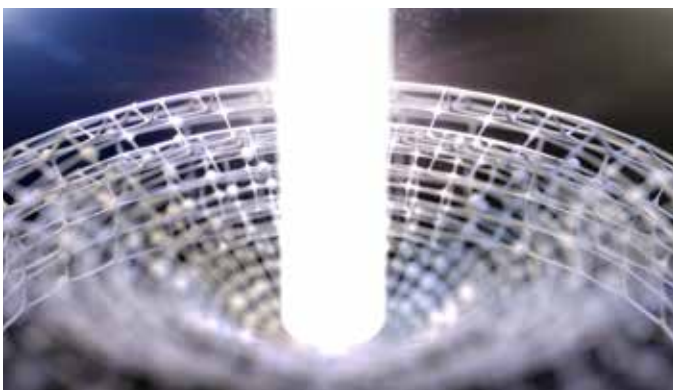
Pour la gravitation, il nous manque toujours une description quantique vérifiée. Il est probable qu'il faudra encore attendre longtemps. *« Nos modèles actuels ne nous permettent pas de décrire la gravitation de manière quantique. Nous ne savons pas comment aborder la question. Il existe un candidat pour expliquer tout cela : c'est la théorie des cordes. Cependant, pour l'instant, l'énergie dont on aurait besoin pour explorer la théorie des cordes en détail est inaccessible pour le moment. Selon cette théorie, toutes les particules élémentaires ne sont pas aussi élémentaires qu'on le pense et qu'elles sont formées de petites cordes qui vibrent à différents niveaux et qui correspondent aux particules élémentaires. Pour pouvoir atteindre des niveaux d'énergie suffisants,*

il faudrait construire un accélérateur en dehors des échelles terrestres ou trouver une autre façon... Actuellement, cette théorie est invérifiable et on ne sait pas si on pourra la vérifier un jour. »

Les prédictions sont toujours difficiles à faire mais les retombées de ces recherches fondamentales sont importantes à plus d'un titre. Comme on le dit souvent les théories d'Einstein nous ont amené des dizaines d'années plus tard la réalisation du GPS. Il est donc difficile d'imaginer s'il y aura des applications ou ce qu'elles seront. Par ailleurs, si nous réalisons ces expériences, c'est principalement dans un but fondamental. Cependant, d'un point de vue technologique, pour construire les expériences, nous avons besoin d'ingénieurs pour développer des technologies de pointe qui pourront servir dans la vie courante. Nous avons besoin en recherche fondamentale d'espace et de temps pour réfléchir sur des notions radicalement nouvelles et de découvrir des concepts originaux qui pourront changer notre perception de la nature. Grâce à cela, nous serons alors à même de découvrir de nouvelles théories comme l'ont fait les Prs Brout, Englert et Higgs à leur époque il y a plus de 50 ans et sur lesquelles nous travaillons toujours et qui auront peut-être un jour des applications dans l'industrie.

Pierre Dewaele

⁽¹⁾ Higgs Boson Gluon-Fusion Production in QCD at Three Loops, Phys. Rev. Lett. 114 (2015) 212001 - Published 27 May 2015



Claude Duhr
 Chercheur qualifié F.R.S.-FNRS
 CP3, UCL
 CERN (CH)
claudio.duhr@uclouvain.be

101 projets de recherche financés grâce au Télévie 2016



N°	PROMOTEURS + CO-PROMOTEURS	UNIV.	LABORATOIRE	PROJET DE RECHERCHE
Leucémies/Lymphomes/Myélomes				
1	BARON Frédéric	ULg	Hématologie	Rôles des lymphocytes Th17 dans l'allogreffe de cellules souches hématopoïétiques et dans la maladie du greffon contre l'hôte
2	BEGUIN Yves	ULg	Hématologie	Thérapie cellulaire par cellules stromales mésenchymateuses dans le contexte des greffes de cellules souches hématopoïétiques
3	BEGUIN Yves	ULg	Hématologie	Investigation approfondie de l'érythropoïèse et du métabolisme du fer dans le contexte des greffes de cellules souches hématopoïétiques
	BARON Frédéric	ULg		
4	BEGUIN Yves	ULg	Hématologie	Greffe de moëlle dans les affections cancéreuses et non-cancéreuses de l'enfant
	SARIBAN Eric	ULB	Hémato-oncologie	
	BRICHARD Bénédicte	UCL	Hémato-oncologie pédiatrique	
5	BERCHEM Guy	LIH	Hémato-oncologie expérimentale	Inhibition des points de contrôle immunitaire dans la leucémie lymphoïde chronique
	MOUSSAY Etienne	LIH		
	PAGGETTI Jérôme	LIH		
6	BRON Dominique	ULB	Hématologie clinique	Régulation épigénétique de microenvironnement immunitaire des leucémies aiguës
7	BRON Dominique	ULB	Hématologie clinique	Investigation des mécanismes moléculaires contrôlant la fonction suppressive des lymphocytes T régulateurs circulants chez le sujet sain et chez le patient leucémique
	BURNY Arsène	ULB		
8	CAERS Jo	ULg	Hématologie	Exosomes : des messengers entre les cellules myélomes et les ostéoblastes
	STRUMAN Ingrid	ULg		
9	DEMOULIN Jean-Baptiste	UCL	Médecine expérimentale	Rôles des microARNs dans les néoplasies myéloïdes liés à des altérations de tyrosine kinases
10	DIEDERICH Marc	CHL	Biologie moléculaire et cellulaire	Cancer et anémie : Implication de la voie TNF α /sphingomyélinase/ céramide dans l'inhibition de l'érythropoïèse et impact sur l'autophagie
11	DRESSE Marie-Françoise	ULg	Hémato-oncologie	Détection de la maladie résiduelle minimale (MDR) dans les leucémies lymphoblastiques aiguës (LLA) par la Séquençage Nouvelle Génération (NGS)
	SARIBAN Eric	ULB	Hémato-oncologie	
	BRICHARD Bénédicte	UCL	Hémato-oncologie pédiatrique	
12.	FAHRENKROG Birthe	ULB	Biologie et Médecine Moléculaire	Etude de l'altération de la réponse cellulaire aux dommages à l'ADN dans la leucémie myéloïde aiguë impliquant NUP98
13.	LAGNEAUX Laurence	ULB	Hématologie expérimentale	Découverte de nouvelles voies de signalisation altérées menant à un syndrome de Richter chez les patients atteints de leucémie lymphoïde chronique par séquençage du génome entier
14.	MULLIER François	UCL	Hématologie	Implication des microvésicules dans les thromboses associées à l'hémoglobinurie paroxystique nocturne
15.	TWIZERE Jean-Claude	ULg	Biologie cellulaire et moléculaire	Rôle de la protéine EXT-1 dans la leucémie lymphoblastique aiguë des cellules T
Cellules souches normales et cancéreuses				
16	VAN KEYMEULEN Alexandra	ULB	Recherche Interdisciplinaire en Biologie humaine et moléculaire	Identification de nouveaux marqueurs de cellules souches cancéreuses

Cancers du sein				
17.	CASTRONOVO Vincent	ULg	Recherche sur les métastases	Développement de peptides agonistes biologiquement actifs dérivés de l'aspirine pour le traitement des cancers du sein triples négatifs
	BELLAHCENE Akeila	ULg		
	TURTOI Andrei	ULg		
18.	CHARIOT Alain	ULg	Chimie médicale	Etude des mécanismes requis pour la dégradation de la kinase oncogénique IKKepsilon dans les tumeurs mammaires triplement négatives
19.	PEQUEUX Christel	ULg	Biologie des tumeurs et du développement	Etude des mécanismes d'activation des récepteurs aux oestrogènes par l'estrotel et/ou la progestérone dans le sein normal et tumoral
	NOËL Agnès	ULg		
20.	REZSOHAZY René	UCL	Génétique moléculaire	Intéactions fonctionnelles et moléculaires entre HOXA1, NFκB et ERα dans le cancer du sein
	BAURAIN Jean-François	UCL		
21.	SOTIRIOU Christos	ULB	Centre des tumeurs	Caractérisation génomique du cancer du sein diagnostiqué durant la grossesse par séquençage du génome complet
22.	SOTIRIOU Christos	ULB	Centre des tumeurs	Etude de la fonction de l'édition de l'ARN sur le miRNome et la réponse immunitaire dans le cancer du sein
23.	THOMAS Clément	LIH	Hémato-oncologie expérimentale	CRP2, une cible innovante pour inhiber l'activité des invadopodes et l'expression de MMP pro-métastatiques dans le cancer du sein
	BERCHEM Guy	LIH		

Cancers broncho-pulmonaires et de la plèvre				
24.	CATALDO Didier	ULg	Biologie des tumeurs et du développement	Role des ADAM dans le mésothéliome
	ROCKS Natacha	ULg		
25.	CATALDO Didier	ULg	Biologie des tumeurs et du développement	Mécanismes moléculaires impliquant l'ADAM28 dans le développement de tumeurs pulmonaires et d'un microenvironnement permissif vis-à-vis du cancer

Cancers de l'appareil digestif				
26.	BECK Benjamin	ULB	Recherche Interdisciplinaire en Biologie humaine et moléculaire	Caractérisation des mécanismes moléculaires impliqués dans les métaplasies et les adénocarcinomes de l'œsophage
27.	CHARIOT Alain	ULg	Chimie médicale	Identification de la signature protéomique requise pour le développement tumoral dans l'intestin
28.	DEJARDIN Emmanuel	UCL	Virologie et Immunologie	Rôle de la voie alternative NF-κB dans le développement du carcinome hépatocellulaire induit par l'hépatite chronique
29.	DIEDERICH Marc	CHL	Biologie moléculaire et cellulaire	Composés organo-soufrés contre le cancer du côlon : recherche translationnelle et implication de l'autophagie
30.	GEETS Xavier	UCL	Radiothérapie oncologique	Evaluation préclinique et clinique des techniques modernes de radiothérapie dans les hepatocarcinomes de stade intermédiaire
	BORBATH Ivan	UCL		
31.	HAAN Serge	Univ. Lux.	Mécanismes des maladies moléculaires	Le rôle de l'autophagie induite par l'hypoxie dans les cellules souches cancéreuses du côlon
	JANJI Bassam	LIH	Hémato-oncologie expérimentale	
	LETELLIER Elisabeth	Univ. Lux.		
32.	LOUIS Edouard	ULg	Gastro-entérologie	Biomarqueurs diagnostiques des dysplasies colorectales
	DE PAUW Edwin	ULg		
	DELVENNE Philippe	ULg		
33.	STRUMAN Ingrid	ULg	Biologie moléculaire et génie génétique	Marqueurs et drivers moléculaires de l'initiation et de la progression du cancer du pancréas : une approche multidisciplinaire et translationnelle
	JACQUEMIN Patrick	UCL	Hormones et métabolisme	
	LEMAIGRE Frédéric	UCL		
	VAN STEEN Kristel	ULg	Bioinformatique	
	VAN DAELE Daniel	ULg		

Cancers des glandes endocrines

34.	COSTAGLIOLA Sabine	ULB	Recherche Interdisciplinaire en Biologie humaine et moléculaire	Génération d'un modèle In vitro de BRAFV637E-PTC à partir de cellules souches pluripotentes pour identifier les événements moléculaires précoces initiant ce cancer thyroïdien
35.	MAENHAUT Carine	ULB	Recherche Interdisciplinaire en Biologie humaine et moléculaire	miRNAs et tumorigénèse thyroïdienne : aspects diagnostiques et fonctionnels
36.	SVEN SAUSSEZ	UMons	Anatomie et Biologie cellulaire	Combinaison de traitements ciblés pour les cancers thyroïdiens BRAF mutés
	LAURENT Sophie	UMons		
37.	JOURNE Fabrice	UMons		Apolipoprotéine L1 et reprogrammation métabolique (effect Warburg) dans le cancer de thyroïde
	VANHAMME Luc	ULB	Parasitologie moléculaire	
	MAENHAUT Carine	ULB		

Cancers de la peau (y compris Mélanomes)

38.	BLANPAIN Cédric	ULB	Recherche Interdisciplinaire en Biologie humaine et moléculaire	Hétérogénéité tumorale dans les carcinomes épidermoïdes humains
-----	------------------------	-----	---	---

Cancers du cerveau

39.	ERNEUX Christophe	ULB	Recherche Interdisciplinaire en Biologie humaine et moléculaire	Le rôle déterminant de la phosphoinositide phosphatase SHIP2 dans les glioblastomes
	ROBE Pierre	ULg		
40.	MARTIN Didier	ULg	Neurochirurgie	Etude des mécanismes de récides du Glioblastome : rôles possibles de la zone sous-ventriculaire et des cellules tumorales circulantes
41.	NICLOU Simone	LIH	Neuro-oncologie	Implication des lncRNAs dans la chimiorésistance des Glioblastomes
	FRITAH Sabrina	LIH		
42.	PREAT Véronique	UCL	Pharmacie galénique	Comparaison de plusieurs stratégies de ciblage tumoral : évaluation in vivo de nanoparticules théranostiques dans le traitement du Glioblastome
43.	ROBE Pierre	ULg	Génétique humaine	Projet GPVAC : analyse et marqueurs du peptidome antigénique CMHII et de sa régulation par CIITA dans les glioblastomes, en vue de vaccination peptique spécifique et de thérapie génique
	BOURS Vincent	ULg		
44.	ROGISTER Bernard	ULg	Neurosciences	Rôle de la protéine Aurora A kinase dans la chimiotaxie des cellules initiatrices de glioblastome en réponse au CXCL12
45.	SARIBAN Eric	ULB	Hématologie-oncologie	Marqueurs moléculaires et traitement des médulloblastomes dans la partie francophone du pays
	BRICHARD Bénédicte	UCL	Hémo-oncologie pédiatrique	
	FRANCOTTE Nadine	ULg	Oncologie pédiatrique	
	PIETTE Caroline	ULg	Biologie des tumeurs et du développement	
46.	VAN DYCK Eric	LIH	Neuro-oncologie	Impact de MGMT sur le développement tumoral et la résistance au témozolomide dans le glioblastome: Caractérisation de nouveaux modèles GBM in vitro et in vivo
	BJERKVIG Rolf	LIH		
47.	VAN DYCK Eric	LIH	Neuro-oncologie	Analyse de l'implication des machineries de réparation de l'ADN dans la biologie du glioblastome : Analyse de tumeurs primaires et récides de patients atteints de GBM
48.	VAN DYCK Eric	LIH	Neuro-oncologie	Identification de nouvelles cibles moléculaires contre le glioblastome dans le cadre d'une thérapie au Temozolomide

Virus cancérogènes				
49.	DELVENNE Philippe	ULg	Anatomie pathologique	Infection par HPV des jonctions muqueuses : de la caractérisation cellulaire et immunologique au pronostic des patients
50.	GEORGES Michel	ULg	Génomique animale	Impact des interactions virus-hôte dans l'expansion clonale associée aux leucémies induites par les deltarétrovirus
	BRON Dominique	ULB	Hématologie clinique	
	VAN DEN BROEKE Anne	ULB		
51.	GEORGES Michel	ULg	Génomique animale	Analyse des transcrits viraux non-codants dans les leucémies induites par les delta-rétrovirus
52.	TWIZERE Jean-Claude	ULg	Biologie cellulaire et moléculaire	Inhibition des interactions entre la protéine Tax du virus HTLV-1 et les protéines humaines contenant un domaine PDZ
53.	VAN LINT Carine	ULB	Virologie moléculaire	Rôle des facteurs cellulaires CTIP2 et Sp1 dans la régulation transcriptionnelle du rétrovirus humain T-lymphoïde type 1
54.	WILLEMS Luc	ULg	Epigénétique cellulaire et moléculaire	Les microRNA et le Virus de la leucémie bovine

Cancérologie moléculaire générale				
55.	BLANPAIN Cédric	ULB	Recherche Interdisciplinaire en Biologie humaine et moléculaire	Décryptage des circuits génétiques régulant la transition épithélio-mésenchymateuse
56.	DECOTTIGNIES Annabelle	UCL	Génétique et Epigénétique	Régulation de la transcription des télomères humains dans les cellules cancéreuses et normales
57.	FREDERICK Raphaël	UCL	Chimie médicale	Vers la compréhension du rôle de la voie de la sérine dans la progression tumorale
58.	FUKS François	ULB	Epigénétique du cancer	Un nouveau mode de régulation de l'hydroxyméthylation de l'ADN par l'inflammation
59.	GALLEZ Bernard	UCL	Résonance magnétique biomédicale	Inhibiteurs de la PDK pour bloquer la prolifération tumorale : Bases rationnelles de combinaisons de traitements pour contrecarrer les mécanismes compensatoires supportant la croissance tumorale
	FERON Olivier	UCL		
60.	LAGNEAUX Laurence	ULB	Hématologie expérimentale	Caractérisation des propriétés immunobiologiques des microvésicules issues des cellules stromales mésenchymateuses de différentes origines : profil microARNs et rôle de l'inflammation
61.	MOTTET Denis	ULg	PSI	Rôle d'HDAC5 dans le mécanisme de maintenance des télomères des cellules ALT+
62.	ROGER Pierre	ULB	Recherche Interdisciplinaire en Biologie humaine et moléculaire	Phosphorylation activatrice de la CDK4, cible thérapeutique majeure : utilisation pour prédire la réponse tumorale aux inhibiteurs de CDK4 et identification de mécanismes régulateurs
63.	VIKKULA Miiikka	UCL	Génétique moléculaire	Identification des causes des néoplasmes d'origine endothéliale (maladie de Gorham-Stout, hémangioendothéliome Kaposiforme et hémangiome à cellules fusiformes)
	BROUILLARD Pascal	UCL		
64.	WILLEMS Luc	ULg	Epigénétique cellulaire et moléculaire	Signature mutationnelle liée aux enzymes APOBEC3 dans les cancers

Métabolisme tumoral

65.	BELLAHCENE Akeila	ULg	Recherche sur les métastases	Rôle du stress carbonyle dans les interactions tumeur-stroma en pathologie cancéreuse mammaire
66.	BELLAHCENE Akeila	ULg	Recherche sur les métastases	Rôle du stress carbonyle au cours du développement et de la progression des cancers
	CASTRONOVO Vincent	ULg		
67.	JORDAN Bénédicte	UCL	Résonance magnétique biomédicale	Monitoring de l'hypoxie tumorale par contrastes endogènes en IRM (imagerie par résonance magnétique) - Application pour la planification radiothérapeutique
68.	LEGRAND Sylvie	ULg	Virologie fondamentale	Etude de la polarisation des macrophages humains en réponse aux acides gras libres : implication dans l'inflammation et les cancers liés à l'obésité
69.	MICHELIS Carine	UNamur	Biochimie et biologie cellulaire	Du rôle de l'hypoxie cyclique sur la coopération entre cellules endothéliales et macrophages pour soutenir la croissance tumorale et le processus de métastatisation
	FERON Olivier	UCL	Pharmacothérapie	
70.	MICHELIS Carine	UNamur	Biochimie et biologie cellulaire	Inflammation et hypoxie: une influence réciproque qui conduit à la résistance des tumeurs aux traitements
71.	NOËL Agnès	ULg	Biologie des tumeurs et du développement	Interférence avec le métabolisme des lipides pour bloquer l'adaptation des tumeurs aux traitements anticancéreux
72.	SONVEAUX Pierre	UCL	Pharmacothérapie	Modélisation moléculaire et prévention de l'atrophie musculaire associée au cancer
73.	THISSEN Jean-Paul	UCL	Diabétologie et Nutrition	Identification de nouveaux mécanismes responsables de l'atrophie musculaire et de biomarqueurs reflétant l'atrophie du muscle squelettique dans la cachexie cancéreuse
	DELZENNE Nathalie	UCL		
	GEENEN Vincent	ULg	Immuno-endocrinologie	
	LOUIS Edouard	ULg		
	WILLEMS Luc	ULg		

Invasion, Angiogenèse, Métastases

74.	CASTRONOVO Vincent	ULg	Recherche sur les métastases	Rôle de la reprogrammation des fibroblastes par les cellules cancéreuses dans la sélection clonale et la résistance aux thérapies des métastases hépatiques
75.	COLIGE Alain	ULg	Biologie des tissus conjonctifs	Détermination du répertoire de substrats de trois ADAMTS « orphelines » (ADAMTS12, 16 et 18) afin d'identifier les mécanismes responsables de leur implication dans la progression tumorale
76.	GILLES Christine	ULg	Biologie des tumeurs et du développement	Cibler un axe Transition-Epithélio-Mésenchymateuse/coagulation dans les Cellules Tumorales Circulantes (CTCs) pour interférer avec la colonisation métastatique
	JERUSALEM Guy			
77.	GILLES Christine	ULg	Biologie des tumeurs et du développement	Implication des processus de Transition Epithelio-Mesenchymateuse (TEM) sur la formation de niches vasculaires pour les Cellules Tumorales Circulantes (CTCs)
78.	LENAERTS Tom	ULB	Informatique	Un nouveau paradigme dans les métastases cancéreuses : des modèles mathématiques à l'épigénétique
	FUKS François	ULB		
79.	NOËL Agnès	ULg	Biologie des tumeurs et du développement	Etude des mécanismes moléculaires impliqués dans la guidance des cellules endothéliales au cours de la lymphangiogenèse tumorale
80.	NOËL Agnès	ULg	Biologie des tumeurs et du développement	Nouvelles méthodes d'analyse d'images pour l'étude de la migration cellulaire associée à la progression cancéreuse
	GOMMES Cédric	ULg		

Immunité et Cancer				
81.	BERCHEM Guy JANJI Bassam	LIH LIH	Hémato-oncologie expérimentale	Amélioration de l'immunothérapie basée sur l'anti-PD-L1 par le ciblage de l'hypoxie intratumorale
82.	COULIE Pierre	UCL	Génétique cellulaire	Lymphocytes T anti-tumoraux dans les carcinomes mammaires primitifs; extension aux lymphocytes T CD4+ et aux carcinomes in situ
83.	FLAMAND Véronique	ULB	Immunologie médicale	Etude de la réponse immunitaire innée lors de la régénération du foie et le développement de métastases hépatiques
84.	JANJI Bassam	LIH	Hémato-oncologie expérimentale	Rôle de l'autophagie induite par l'hypoxie dans la réponse immunitaire anti-tumorale impliquant les cellules Natural killer
85.	LEO Oberdan	ULB	Immunologie médicale	Survie à long terme des LT helper homéostatiques de mémoire : importance dans le traitement des cancers et contrôle exercé par l'AMPK, une enzyme-clé du métabolisme cellulaire
86.	LUCAS Sophie	UCL	Génétique cellulaire	Bloquer l'activation du TGF-β1 par GARP dans les Tregs : une nouvelle approche d'immunothérapie du cancer
87.	PICCART Martine WILLARD-GALLO Karen	ULB ULB	Oncologie médicale	Implication des lymphocytes T folliculaires auxiliaires et régulateurs dans la potentialisation de la réponse immunitaire dirigée contre le cancer du sein
88.	VERMIJLEN David	ULB	Pharmacie	Le rôle des cellules souches hématopoïétiques sur le développement des cellules T gd anti-cancéreuses humaines

Les traitements				
89.	BURNY Arsène	ULB	Biologie moléculaire	Acide bétulinique cholestérolé et péguylé comme agent anticancer
90.	DIEDERICH Marc	CHL	Biologie moléculaire et cellulaire	Ciblage de la chimiorésistance mitochondriale par UNBS1450
91.	LEE John	UCL	Imagerie moléculaire, radiothérapie et oncologie	Dosimétrie de référence basée sur la calorimétrie eau dans les faisceaux de particules scannés
92.	LEE John	UCL	Imagerie moléculaire, radiothérapie et oncologie	Apprentissage profond pour le contourage automatique d'organes sur images médicales en radiothérapie adaptative
93.	MACHIELS Jean-Pascal	UCL	Oncologie et Hématologie expérimentale	Etude pilote évaluant l'efficacité de différentes thérapies ciblées et d'une immunothérapie en fonction de biomarqueurs pré-définis dans le cancer épidermoïde de la tête et du cou
94.	MICHIELS Carine	UNamur	Biochimie et biologie cellulaire	Etude translationnelle du rôle de TMEM45A dans la résistance des cancers

Fertilité				
95.	DEMEESTERE Isabelle	ULB	Recherches en reproduction humaine	Régulation de l'activation in vitro des follicules ovariens humains au sein de tissu ovarien cryopréservé
96.	DOLMANS Marie-Madeleine	UCL	Gynécologie	Préservation et restauration de la fertilité des patientes cancéreuses par congélation de tissu ovarien
	NISOLLE Michèle	ULg	Gynécologie-obstétrique	
	DEMEESTERE Isabelle	ULB	Reproduction humaine	
97.	DOLMANS Marie-Madeleine	UCL	Gynécologie	Optimisation de l'angiogenèse dans les greffes de tissu ovarien cryopréservé par l'utilisation de cellules souches dérivées de tissu adipeux
98.	WYNS Christine	UCL	Gynécologie et Andrologie	Restauration de la fertilité : création d'un testicule artificiel indemne de contamination néoplasique transplantable au patient
99.	WYNS Christine	UCL	Gynécologie et Andrologie	Préservation de la fertilité de garçons prépubères avant traitement gonadotoxique: restauration de la fertilité par la maturation in vitro des spermatogonies souches cryopréservées

Psycho-oncologie				
100.	BRON Dominique	ULB	Hématologie clinique	La valeur pronostique de la fonction cognitive, des biomarqueurs du vieillissement et des facteurs cliniques chez les patients âgés porteurs d'une hémopathie maligne admis pour chimiothérapie
	LIBERT Yves	ULB		
101.	MERCKAERT Isabelle	ULB	Psycho-oncologie	Fin des traitements et qualité de vie : étude longitudinale multicentrique de l'impact d'interventions de groupe sur la fatigue, la cognition, la régulation des émotions et le retour au travail
	FAYMONVILLE Marie-Elisabeth	ULg	Algologie-soins palliatifs	
	BRAGARD Isabelle	ULg		
	VANHAUDENHUYSE Audrey	ULg		
	NYSSSEN Anne-Sophie	ULg		
	DELEVALLEZ France	ULB	Psychosomatique et Psycho-oncologie	
	RAZAVI Darius	ULB		



Faites un don pour la vie

210-0079615-30

IBAN : BE15 2100 0796 1530 - BIC : GEBABEBB

communication « Soutien au Télévie »

www.televie.be

fnrs
LA LIBERTÉ DE CHERCHER