

LA MACHINERIE DU LANGAGE

CAMPUS

P. 18 LE PÔLE DE RECHERCHE NATIONAL

«EVOLVING LANGUAGE»,
LANCÉ EN JANVIER 2020,
S'EST FIXÉ COMME OBJECTIF
DE DÉCORTIQUER LE
LANGAGE, DE PLONGER
DANS LA STRUCTURE LA
PLUS INTIME DES LANGUES,
D'EN COMPRENDRE
L'ORIGINE ÉVOLUTIVE ET LES
FONDEMENTS BIOLOGIQUES.
PRÉSENTATION.

L'INVITÉE
VALÉRIE
MASSON-DELMOTTE
PAGE 36

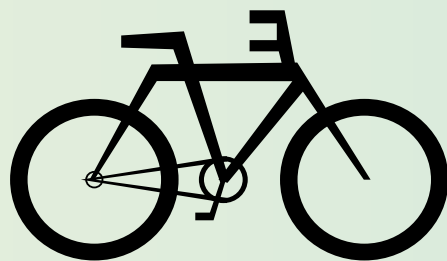
EXTRA-MUROS
SOUS LES EAUX
DE YEUMBEUL
PAGE 40

TÊTE CHERCHEUSE
LA FEMME QUI PANSE
LES FEMMES
PAGE 44



UNIVERSITÉ
DE GENÈVE

Et pourquoi pas à vélo?



www.unige.ch/velo



A vélo à l'UNI

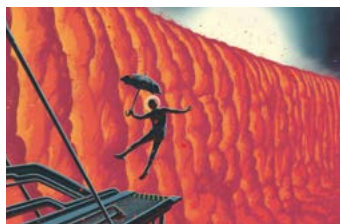


UNIVERSITÉ
DE GENÈVE

04 ACTUS

RECHERCHE

10 ASTRONOMIE
IL PLEUT DU FER
SUR WASP 76-B



Des chercheurs ont trouvé une exoplanète dont la face exposée est si chaude que les métaux sont vaporisés. Ils se condensent à nouveau dès qu'ils pénètrent dans l'hémisphère plongé dans la nuit.

12 HUMANITÉS NUMÉRIQUES TOUT ROUGEMONT EN LIBRE ACCÈS



Depuis le mois de mars, la plateforme « Rougemont 2.0 » offre en ligne et gratuitement les œuvres complètes du penseur neuchâtelois accompagnées d'outils d'analyse et de recherche scientifiques.

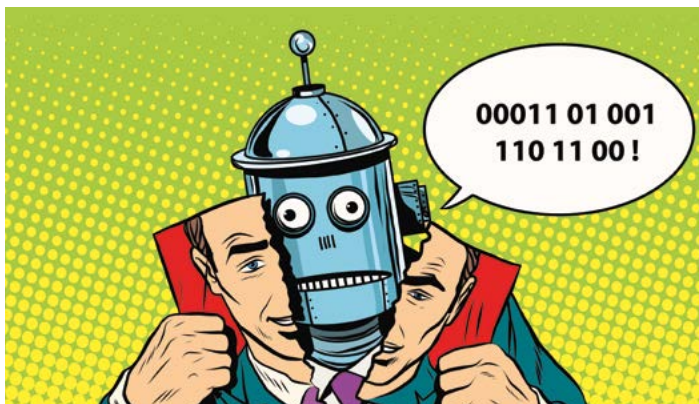
14 ENVIRONNEMENT ÉRUPTIONS ET ÉCLIPSES DE LUNE AU MOYEN ÂGE



Un chercheur mène l'enquête sur plusieurs éruptions et une éclipse de Lune mystérieuses survenues au début du XII^e siècle.



DOSSIER: AU CŒUR DE LA MACHINERIE DU LANGAGE



d'entraînement, cette tâche devient un automatisme et ne requiert plus autant de ressources cognitives.

16 « L'ÊTRE HUMAIN EST LA SEULE ESPÈCE QUI MAÎTRISE LA COMMUNICATION INTERINDIVIDUELLE »

Le Pôle de recherche national « Evolving Language », lancé en janvier de cette année, s'est fixé comme objectif de décortiquer le langage, de plonger dans la structure la plus intime des langues, d'en comprendre l'origine évolutive et les fondements biologiques.

interindividuelles ? Narly Golestani, codirectrice d'un projet au sein du Pôle de recherche national « Evolving Language », mène l'enquête.

25 LE SENS EST (AUSSI) DANS LE RYTHME

Une question n'a pas la même mélodie qu'une affirmation ou qu'un ordre. L'intonation et le rythme que l'on donne à ses paroles aident en effet au traitement du langage par le cerveau.

22 « JE SUIS NUL EN LANGUES »

Tout le monde n'est pas égal face au langage. Certains ont plus d'aptitudes que d'autres pour l'apprentissage d'un nouvel idiome. D'où viennent ces différences

26 QUAND PARLER DEVIENT UNE ROUTINE

Prononcer une syllabe demande un contrôle moteur d'une grande finesse. Après des années

30 L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE DÉVOILE LA STRUCTURE DU LANGAGE

Paola Merlo dirige deux projets de linguistique computationnelle au sein du Pôle de recherche national « Evolving Language ». Elle fait appel à l'intelligence artificielle pour découvrir des rouages intimes de la structure des langues.

33 « LES GRANDES INSTITUTIONS SE DOIVENT DE MONTRER L'EXEMPLE »

L'Université s'est dotée ce printemps d'une directive fixant les principes de l'écriture inclusive au sein de l'institution. Une mesure justifiée sur le plan scientifique mais qui demande un peu de savoir-faire et de créativité.

Photo de couverture: istock

RENDEZ-VOUS



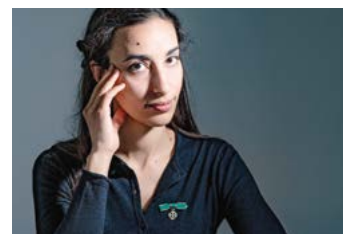
36 L'INVITÉE VALÉRIE MASSON-DELMOTTE

Cette spécialiste internationalement reconnue des sciences du climat a profité de la leçon d'ouverture de printemps de l'UNIGE pour vulgariser le contenu parfois aride des rapports du GIEC.



40 EXTRA-MUROS SOUS LES EAUX DE YEUMBEUL

En s'appuyant sur la science participative, Bocar Sy est parvenu à reconstituer la chaîne d'événements responsables de trois inondations survenues entre 2005 et 2012 à Dakar.



44 TÊTE CHERCHEUSE LA FEMME QUI PANSE LES FEMMES

En dix ans, la consultation ouverte à Genève par Jasmine Abdulkadir a reçu plus de 500 femmes ayant subi des mutilations génitales. Un engagement qui est pour beaucoup une histoire de famille. Portrait.

48 THÈSES DE DOCTORAT

MÉDECINE

Mauvais caractère et ouverture d'esprit protègent le cerveau contre l'atrophie

**PIERRE BRATSCHI,
CHANTAL TAÇOY
ET PIERO PONTELANDOLFO
REÇOIVENT LE PRIX
DU CONGRÈS ORIGINAL**



Genève Tourisme et le Bureau du Centre de conventions de Genève ont décerné le prix du congrès le plus original à trois membres du Département d'astronomie, Pierre Bratschi, chargé de communication, Chantal Taçoy, secrétaire, et Piero Pontelandolfo, responsable du transfert technologique. Cette distinction récompense l'organisation, en septembre 2019 et en marge du Congrès EPSC-DPS sur les exoplanètes, d'une exposition sur la Plaine de Plainpalais présentant au public les enjeux de la recherche sur les exoplanètes.

**JINMIN LIU RÉDIGE
LE MEILLEUR MÉMOIRE
DE MASTER 2020
EN BIOLOGIE CHIMIQUE**

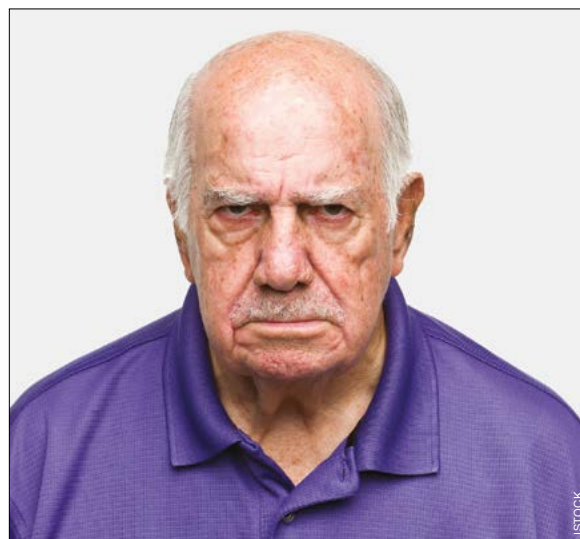
Étudiant de master à la Faculté des sciences, Jinmin Liu a reçu le 30 janvier 2020 le prix du « meilleur mémoire de master 2020 en Biologie chimique », pour sa recherche intitulée « Exploring Tissue-specific Responders of Lipid-derived Electrophiles in *C.elegans* » effectuée au sein du laboratoire de Yimon Aye, professeure à l'École polytechnique fédérale de Lausanne. Le prix a été attribué par le Pôle de recherche national biologie chimique de l'Université de Genève.

Les personnes peu agréables et ouvertes d'esprit présentent une meilleure préservation des régions du cerveau qui s'atrophient habituellement durant le vieillissement normal et à cause de la maladie d'Alzheimer. Cette observation, réalisée par une équipe dirigée par Panteleimon Giannakopoulos, professeur au Département de psychiatrie (Faculté de médecine) et parue dans le numéro du mois de mai de *Neurobiology of Aging*, met en lumière l'importance de la prise en compte de la personnalité dans les troubles neuropsychiatriques.

« Entre la destruction des premiers neurones et l'apparition des premiers symptômes de la maladie d'Alzheimer, dix à douze ans s'écoulent, souligne le professeur Panteleimon Giannakopoulos. Le cerveau est capable de compenser les dommages assez longtemps grâce à des réseaux alternatifs. Mais à l'apparition des premiers signes cliniques, il est souvent trop tard. Le problème, c'est qu'à ce jour, toutes les tentatives de mettre au point des remèdes visant la réparation des neurones endommagés ont été vaines. L'identification de marqueurs précoces est donc essentielle pour une prise en charge efficace. Ces marqueurs peuvent être biologiques, ou non. Nous nous sommes intéressés à la deuxième catégorie en analysant la personnalité et la manière de vivre des patientes et des patients. »

À cette fin, l'équipe a suivi 65 personnes – hommes et femmes – de plus de 65 ans durant cinq ans. À l'aide de techniques telles que l'imagerie cérébrale fonctionnelle et structurale, elle a évalué chez ces patients l'accumulation d'amyloïde (une protéine associée à la maladie d'Alzheimer) et le volume cérébral. L'atrophie de certaines régions du cerveau est en effet l'une des caractéristiques majeures qui précèdent la perte de la mémoire et la maladie d'Alzheimer. Les participantes et les participants ont également été soumis à des évaluations cognitives et de personnalité.

En ce qui concerne ce dernier point, les chercheurs se sont basés sur la théorie des *Big Five*, un modèle descriptif de la personnalité en cinq traits centraux. L'un d'eux, le *neuroticisme*, fait référence à la prédominance de traits négatifs, notamment l'anxiété, l'hostilité et la colère. Ensuite, l'*extraversion* comprend la propension à des émotions et des sentiments positifs tels que la chaleur et l'enthousiasme. L'*ouverture*, quant à elle, représente l'inclination personnelle à l'expérience et



l'appréciation de nouvelles situations et pensées avec une attitude curieuse, imaginative et créative. Ce trait est défini selon six facettes qui couvrent l'imagination, le sens de l'esthétique, des émotions et des sentiments, des comportements proactifs et des actions visant à explorer et à expérimenter, au-delà des habitudes et des routines, la curiosité intellectuelle ainsi que la disposition à négocier et à discuter des valeurs sociales, politiques et religieuses. L'*agrément* est, lui, caractérisé par des tendances confiantes, coopératives et altruistes. Et, enfin, la *conscienciosité* est la prédisposition à être fiable, résolu, bien organisé et peu disposé à s'écarter des règles et des principes moraux. Au final, il ressort de l'analyse que les personnes peu agréables, ne craignant pas les conflits et faisant preuve d'un certain anticonformisme voient leur cerveau mieux protégé. De plus, cette protection se manifeste précisément dans les circuits de la mémoire endommagés par la maladie d'Alzheimer (l'hippocampe, le cortex entorhinal, l'amygdale, le lobe temporal mésial et le précuneus bilatéral). Un autre trait de personnalité semble bénéfique : l'ouverture. L'effet protecteur de ce dernier se limite toutefois à l'hippocampe et son intensité est nettement plus modeste. Quoi qu'il en soit, la combinaison de la désagréabilité et de l'ouverture d'esprit représente un facteur indépendant pour une meilleure préservation du volume cérébral, en particulier dans les zones vulnérables à la neurodégénération.

SANTÉ

Le déclin cognitif entraîne un déclin physique. Mais pas forcément l'inverse

Après 50 ans, face à la vieillesse qui approche, faut-il privilégier l'activité physique ou cérébrale afin de ralentir le déclin généralisé du corps ? C'est le cerveau qu'il faut entraîner en premier lieu, répond une étude menée par Boris Cheval, chercheur au Centre interfacultaire en sciences affectives (CISA) et ses collègues du Pôle de recherche national (PRN) *Lives*. Paru le 24 mars dans la revue *Health Psychology*, leur travail démontre que, contrairement à ce que l'on pensait, les capacités cognitives préviennent la sédentarité beaucoup plus que l'activité physique ne prévient le déclin des capacités cognitives.

Il faut dire que les données ont jusqu'à présent été contradictoires sur le sujet. D'anciennes études fondées sur la corrélation entre l'activité physique et les aptitudes cognitives postulent que c'est la première qui prévient le déclin des secondes. Mais d'autres, plus récentes, montrent que la réalité est plus complexe en révélant que le cerveau est mis à contribution quand il s'agit de s'engager dans une activité physique.

Pour en avoir le cœur net, les chercheurs ont utilisé les données de l'enquête SHARE (*Survey of Health, Ageing and Retirement in Europe*), une base de données socio-économiques européenne réunissant plus de 25 pays. Tous les deux ans et sur une période de douze ans, cette étude longitudinale a testé les capacités cognitives et le niveau d'activité physique de



Partie de chessboxing, un sport, inventé par le dessinateur de bandes dessinées Enki Bilal, qui allie la force physique du boxeur à la puissance cognitive du joueur d'échecs.

plus de 100 000 adultes âgés de 50 à 90 ans. En comparant différents modèles statistiques recréant les différents scénarios possibles, les auteurs de l'étude ont réussi à déterminer lequel s'ajuste le plus précisément aux données des participants. Il en ressort que ce sont principalement les capacités cognitives qui influent sur l'activité physique et non l'inverse.

« Évidemment, il s'agit d'un cercle vertueux, l'activité physique influence aussi nos aptitudes cérébrales, précise Boris Cheval. Mais à la lumière de ces nouveaux résultats, elle le fait dans une moindre mesure. Et nos recherches démontrent que c'est en agissant d'abord sur les aptitudes cérébrales qu'on pourra ralentir le déclin de ce cercle vertueux. Le cerveau doit fournir un véritable effort pour sortir de la sédentarité et c'est bel et bien en travaillant sur les capacités cognitives que l'activité physique suivra. »

MÉDECINE

Cancers agressifs : la protéine FKBP10 se profile comme une cible efficace

La protéine FKBP10, exprimée dans les cellules tumorales lors de certains cancers, semble renforcer l'agressivité de la maladie et augmenter les risques de rechute en favorisant l'apparition de « cellules souches cancéreuses » résistantes. Dans un article paru dans la revue *Cell Reports* du 17 mars, les équipes de Roberto Coppari, professeur au Département de physiologie cellulaire et métabolisme, et de Martine Collart, professeure au Département de microbiologie et médecine moléculaire (Faculté de médecine) ont réussi à inhiber cette protéine dans un modèle animal de cancer du poumon. Elles sont ainsi parvenues à faire régresser la tumeur de manière spectaculaire.

Ces résultats apportent une première preuve de l'intérêt de FKBP10 dans certains cancers pour lesquels le pronostic vital est engagé. Si toutes les tumeurs n'expriment pas FKBP10, cette protéine apparaît cependant dans un bon nombre d'entre elles, dont celles affectant les poumons, le côlon ou encore les seins.

Afin de poursuivre l'effort, Roberto Coppari a entrepris de réanalyser des dizaines de médicaments déjà approuvés afin de tester leur effet sur FKBP10, dans l'espoir d'identifier une molécule inhibitrice efficace. Martine Collart, pour sa part, se penche sur la caractérisation exacte de la protéine et de son fonctionnement pour identifier une cible et une arme plus spécifiques.

PETER BILLE LARSEN NOMMÉ À LA COMMISSION SUISSE POUR L'UNESCO



Chercheur à l'Institut des sciences de l'environnement (ISE), Peter Bille Larsen a été nommé par le Conseil fédéral membre de la Commission suisse pour l'Unesco (CSU) pour la législature 2020-2023. Créée par décision du Conseil fédéral à la suite de l'adhésion de la Suisse à l'Unesco en 1949, cette commission extraparlamentaire de 20 membres fait le lien entre l'Organisation et la Suisse. Peter Bille Larsen travaille au sein de l'Institut de gouvernance de l'environnement et développement territorial rattaché à l'ISE.

NOUVELLE DISTINCTION POUR DIDIER QUELOZ



Récipiendaire du prix Nobel de physique 2019 avec Michel Mayor, Didier Queloz a été élu « Trinity Fellow » de la Royal Society d'Angleterre, une des sociétés savantes les plus prestigieuses au monde, présidée de 1702 à 1727 par Isaac Newton. Didier Queloz, professeur d'astronomie aux universités de Genève et de Cambridge, partage cette distinction avec Marian Holness, professeure de sciences de la Terre à Cambridge, et Hugh Osborn, professeur de mathématiques à Cambridge également.

COSMOLOGIE

La vitesse d'expansion de l'Univers se précise

La Voie lactée ainsi que les milliers de galaxies les plus proches évoluent dans une vaste « bulle » de 250 millions d'années-lumière de diamètre, où la densité de matière moyenne vaut la moitié de celle du reste de l'Univers. Telle est l'hypothèse proposée dans la revue *Physics Letters B* du 10 avril par Lucas Lombriser, professeur au Département de physique théorique (Faculté des sciences) pour résoudre un casse-tête qui divise la communauté scientifique depuis une décennie: la détermination de la vitesse d'expansion de l'Univers. On sait que depuis le Big Bang, l'Univers est en constante expansion. Le taux de celle-ci (H_0) tourne autour de 70 (km/s)/Mpc (une unité complexe qui signifie que l'Univers s'étend de 70 km par seconde plus vite tous les 3,26 millions d'années-lumière). Le problème, c'est qu'il existe deux méthodes de calcul qui donnent deux résultats différents.

La première est basée sur le fond diffus cosmologique, le rayonnement micro-onde provenant de tous les points de l'espace et qui a été émis environ 370 000 ans après le Big Bang. À partir des données fournies par la mission spatiale Planck, et compte tenu du fait que l'Univers est homogène et isotrope, on obtient pour H_0 la valeur de 67,4. La seconde méthode de calcul se base sur les supernovæ qui apparaissent dans les galaxies lointaines. Ces événements très lumineux fournissent des distances très précises. Cette

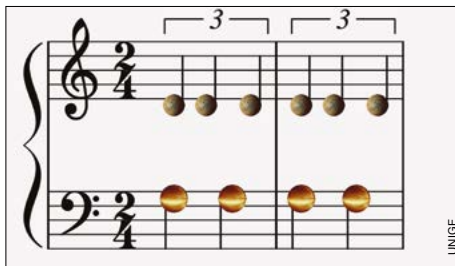
approche a permis de déterminer une valeur pour H_0 de 74. L'écart peut sembler modeste (10%) mais il est statistiquement irréconciliable. Pour le réduire, Lucas Lombriser a imaginé que l'Univers n'est pas si homogène que ça. Cette affirmation peut paraître évidente à des échelles relativement modestes. Il est plus difficile par contre d'imaginer des fluctuations dans la densité moyenne de matière calculée sur des volumes des milliers de fois plus grands qu'une galaxie. « Si nous nous trouvions dans une sorte de gigantesque « bulle » dans laquelle la densité de matière serait significativement inférieure à celle que nous connaissons pour l'Univers entier, alors cela aurait des conséquences sur les distances de supernovæ et, finalement, sur la détermination de H_0 », explique Lucas Lombriser.

Selon les calculs du physicien, il suffirait que cette « bulle de Hubble » comporte la galaxie qui sert de référence pour la mesure des distances. En fixant un diamètre de 250 millions d'années-lumière et une densité de matière 50% inférieure à celle du reste de l'Univers, Lucas Lombriser a montré que l'on obtenait une nouvelle valeur pour la constante de Hubble qui est, enfin, en accord avec celle obtenue grâce au fond diffus cosmologique. « La probabilité qu'il existe une telle fluctuation à cette échelle est de 1 sur 20, voire de 1 sur 5, précise Lucas Lombriser. Ce n'est pas un fantasme de théoricien. »

ASTRONOMIE

Sizaine d'exoplanètes synchronisées

Située dans la constellation du Dragon et à la limite de la détection à l'œil nu, l'étoile HD 158259 est accompagnée de six planètes qui tournent selon une danse pour le moins harmonieuse. Selon un article publié le 10 mars dans la revue *Astronomy & Astrophysics*, la « super-Terre » et les cinq « mini-Neptunes » en question sont en effet proches de la résonance selon un rapport de 3:2. Cela signifie que lorsque la première planète (la plus proche de l'étoile) complète trois orbites, la deuxième en fait deux, et ainsi de suite. Cette découverte a été réalisée grâce au spectrographe Sophie de l'Observatoire de Haute-Provence en France dans le cadre d'un programme d'observation sur sept ans dont le coordinateur est François Bouchy, professeur au Département d'astronomie (Faculté des sciences).



Les auteurs précisent que les planètes de HD 158259 sont « proches » de la résonance, ce qui laisse à penser qu'elles ont été piégées en résonance dans le passé puis en sont sorties. De plus, la valeur des écarts des rapports de période de deux planètes successives à 3:2 alliés à des modèles d'effets de marées fournissent des indications sur la structure interne des planètes qui fera l'objet d'une étude ultérieure.

MARKUS STOFFEL REJOINT L'ACADÉMIE SUISSE DES SCIENCES NATURELLES



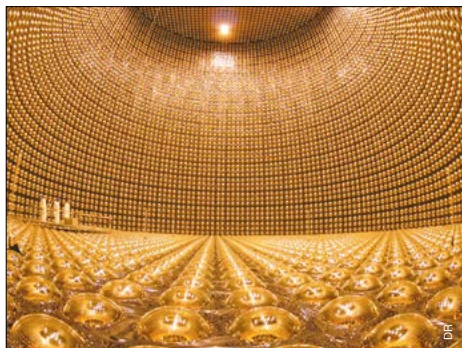
Professeur à l'Institut des sciences de l'environnement et au Département F.-A. Forel des sciences de l'environnement et de l'eau, Markus Stoffel a été nommé président de la Commission de recherche du Parc national suisse de l'Académie suisse des sciences naturelles (SCNAT). Cette commission s'occupe de la promotion et de la gestion de la recherche dans le Parc national depuis 1916 ainsi que dans la Biosfera Val Müstair depuis 2008. Markus Stoffel a également été nommé au comité directeur de la plateforme sciences et politique de SCNAT qui traite, quant à elle, des thèmes de société interdisciplinaires.

QUATRE «ERC ADVANCED GRANTS» POUR DES PROFESSEURS DE L'UNIGE

Pedro Herrera (Département de médecine générique et développement), Denis Jabaudon (Département des neurosciences fondamentales) et Christian Lüscher (Département des neurosciences fondamentales), tous trois professeurs à la Faculté de médecine, ainsi que Giuseppe Iacobucci (Département de physique nucléaire et corpusculaire), professeur à la Faculté des sciences, ont chacun obtenu une bourse Advanced Grant du Conseil européen de la recherche (ERC). Au total, ce dernier a accordé 450 millions d'euros à 185 scientifiques du continent. Ces financements se traduiront par quelque 1800 nouveaux postes de travail pour des doctorantes et doctorants, postdocs et autre personnel de recherche, selon les estimations de l'ERC.

PHYSIQUE

Les neutrinos dévoilent une brisure profonde dans la symétrie de la nature



Intérieur du détecteur Super-Kamiokande, au Japon.

La symétrie intime, profonde, de la nature est brisée : l'Univers est en effet constitué de matière. Et l'antimatière, pourtant produite à l'origine en parts égales, a, quant à elle, presque disparu. Depuis des décennies, les physiciens tentent de comprendre cette fêlure dans le miroir parfait des lois de la physique (aussi appelée brisure de la symétrie charge-parité ou CP). Jusqu'à présent, aucune expérience n'a permis d'expliquer le déséquilibre entre matière et antimatière. Cela pourrait changer grâce aux efforts d'une collaboration scientifique internationale codirigée par Federico Sánchez Nieto, professeur au Département de physique nucléaire et corpusculaire (Faculté des sciences). À l'aide du détecteur Super-Kamiokande au Japon, les scientifiques ont découvert que le neutrino se comporte différemment de l'antineutrino, comme le rapporte la revue *Nature* du 16 avril. Davantage de données seront toutefois nécessaires avant de pouvoir affirmer que cette brisure de la symétrie CP suffit pour expliquer la prédominance de la matière. Une particule d'antimatière est identique à sa

particule de matière correspondante, à l'exception de sa charge électrique, qui est opposée, et de quelques nombres quantiques. Cependant, la violation de la symétrie CP implique que particules et antiparticules se comportent de manière différente, ne serait-ce qu'un tout petit peu. En 1964, les physiciens en découvrent une entre des quarks et des antiquarks (les particules élémentaires qui composent les neutrons et les protons). Mais elle est trop faible pour faire l'affaire.

Les neutrinos, eux, sont les particules les plus fantomatiques que l'on connaisse. Des quantités impressionnantes en traversent chaque seconde la Terre sans interagir avec un seul atome. Sauf quelques fois. Le détecteur Super-Kamiokande, construit sous une montagne au Japon, est conçu pour les détecter. Il existe trois types, ou saveurs, de neutrinos : électron, muon et tau. Cette particule a la caractéristique de changer parfois spontanément de saveur (on dit qu'elle oscille), passant par exemple de neutrino électron à neutrino muon. Les chercheurs ont montré que les neutrinos n'oscillent pas – en l'occurrence de la saveur muon vers la saveur électron – au même taux que les antineutrinos. Il a fallu dix ans pour collecter assez de données et obtenir une statistique significative. Après une analyse minutieuse, les résultats obtenus s'avèrent compatibles avec une brisure maximale de la symétrie CP en faveur des neutrinos et en défaveur des antineutrinos. Elle est interprétée comme une « forte préférence » pour la matière mais encore insuffisante pour affirmer formellement que la symétrie CP a été violée. Pour atteindre ce but, les physiciens vont augmenter la sensibilité de l'expérience et accumuler plus de données.

JEAN-PIERRE WOLF REÇOIT LE PRIX DE L'INNOVATION



Agrovina, le salon suisse pour la viticulture, l'arboriculture et l'œnologie a décerné un prix de l'innovation « Coup de cœur recherche et développement » à Jean-Pierre Wolf, professeur au Groupe de physique appliquée (Faculté des sciences). Lui et son équipe ont en effet développé un système de détection en temps réel des spores de pathogènes de la vigne (le mildiou et l'oïdium, en l'occurrence) présentes dans l'air. Le dispositif, basé sur la diffraction laser et l'holographie digitale, est monté au sein d'une station autonome, alimentée par l'énergie solaire et qui complète les informations avec des mesures de la température, de l'humidité, de l'ensoleillement, du vent, etc. L'ensemble de ces données est communiqué via la 4G et traité par des algorithmes d'intelligence artificielle au sein d'un ordinateur central. Elles servent ensuite à délivrer une information sur le risque d'infection en temps réel. L'exploitant peut ainsi optimiser spatialement et temporellement le traitement antifongique de son exploitation et, ainsi, réduire le danger significativement.

Abonnez-vous à « Campus » !

par e-mail (campus@unige.ch)
ou en envoyant le coupon ci-dessous :

Je souhaite m'abonner gratuitement à « Campus »

Nom

Prénom

Adresse

N° postal/Localité

Tél.

E-mail

Découvrez les recherches genevoises, les dernières avancées scientifiques et des dossiers d'actualité sous un éclairage nouveau.

Des rubriques variées dévoilent l'activité des chercheuses et des chercheurs dans et hors les murs de l'Académie. L'Université de Genève comme vous ne l'avez encore jamais lue !



Université de Genève
Service de communication
24, rue Général-Dufour
1211 Genève 4
campus@unige.ch
www.unige.ch/campus

CHIMIE

Les chimistes se nouent les molécules et découvrent de nouvelles propriétés

IRINA BOKOVA DISTINGUÉE PAR L'AMERICAN ACADEMY OF ARTS AND SCIENCES



Directrice générale de l'Unesco de 2009 à 2017 et docteure *honoris causa* de l'Université de Genève, Irina Bokova a été élue membre internationale honoraire de l'American Academy of Arts and Sciences, dans la catégorie «Scientific, Cultural and Nonprofit Leadership». Après des études à l'Institut d'État des relations internationales de Moscou puis à l'Université du Maryland (États-Unis), Irina Bokova a été successivement ministre des Affaires étrangères et coordinatrice des relations de la Bulgarie avec l'Union européenne, puis ambassadrice de Bulgarie en France, à Monaco et auprès de l'Unesco et représentante personnelle du président de la République de Bulgarie à l'Organisation internationale de la francophonie.

L'INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR DENTAL RESEARCH HONORE YASMINE BOUATTOUR

Collaboratrice de l'enseignement et de la recherche à la Clinique universitaire de médecine dentaire, Yasmine Bouattour a remporté le «Neal Garret Award for Clinical Research in Prosthodontics» de l'International Association for Dental Research. Cette récompense lui a été remise pour ses travaux de recherche sur l'entretien des prothèses dentaires.

Cela fait désormais un demi-siècle que les chimistes essaient de nouer des molécules. Avec, cependant, un succès limité. Dans un article paru dans la revue *Chemistry-A European Journal* du 3 février, une équipe de scientifiques, dont fait partie Fabien Cougnon, chercheur au Département de chimie organique (Faculté des sciences), présente une technique simple et efficace permettant d'entrelacer des molécules et, ce faisant, de mesurer pour la première fois l'apparition de nouvelles propriétés mécaniques.

Bien que l'idée apparaisse en 1971, le premier nœud moléculaire est réussi en 1989. Le procédé consiste à utiliser des métaux qui s'attachent à la molécule et la dirigent sur un chemin très précis permettant de faire les croisements nécessaires. Mais l'opération est complexe et aboutit souvent à une perte de matière première de plus de 90%.

Changeant de stratégie, les chimistes genevois se sont tournés vers des molécules huileuses trempées dans de l'eau chauffée à 70 degrés. Comme ces composés sont hydrophobes et cherchent à fuir à tout prix l'eau, ils se rassemblent et forment un nœud par auto-assemblage. Les chimistes ne peuvent pas choisir comment les molécules se nouent mais ils peuvent reproduire un même nœud à volonté.

Cette nouvelle technique permet de réaliser des nœuds sans effort et, surtout, sans perte de matière, puisque jusqu'à 90% des réactifs de base sont transformés. Ce rendement exceptionnel a rendu possible, pour la première fois, une véritable analyse des changements de propriétés mécaniques.



Exemples de nœuds moléculaires étudiés.

Choisissant des molécules sources au sein d'une même famille, les chercheurs ont créé à chaque fois quatre nœuds, du plus simple au plus complexe, avec 0, 2, 3 et 4 croisements.

À l'aide de la résonance magnétique nucléaire, ils ont constaté que plus les nœuds sont complexes, moins ils bougent. À l'aide de la spectroscopie, ils ont également remarqué que les nœuds simples (0 et 2 croisements) se comportent de la même manière que la molécule source. Mais dès que les nœuds se complexifient, les molécules changent de propriétés physiques et de couleur.

Les auteurs cherchent désormais à contrôler le processus de nouage de A à Z et à construire de nouveaux matériaux à partir de ces réseaux de nœuds. Ils envisagent aussi de transférer de l'information à l'intérieur même d'un nœud, grâce à un simple changement de position sur une partie du nœud qui se répercuterait dans toute la structure.

PHYSIQUE

Contrôlé depuis la maison, Cheops dépasse tous les espoirs de précision

Après plus de trois mois de tests effectués en partie depuis le domicile des membres de la mission en raison de l'épidémie de coronavirus, le télescope spatial Cheops a été déclaré opérationnel le 25 mars dernier. Projet de l'Agence spatiale européenne et de la Suisse auquel l'Université de Genève collabore, le satellite a pour objectif d'analyser les exoplanètes connues afin de déterminer, entre autres, si elles réunissent des conditions propices au développement de la vie.

De janvier à fin mars, Cheops a subi une série de tests. Les performances photométriques

ont atteint 0,0015%, soit mieux que la précision requise fixée à 0,002%. Les chercheurs ont aussi capturé le transit de l'exoplanète géante KELT-11b qui a besoin de presque huit heures pour passer devant son étoile, ce qui est une opération difficile à réaliser depuis la Terre. Les résultats ont permis de déterminer le diamètre de la planète (181 600 km, obtenu avec une précision de 4290 km) déviant en passant une densité très faible, moins grande que celle de l'eau. En résumé, les mesures de Cheops sont 5 fois plus précises que celles effectuées depuis le sol.

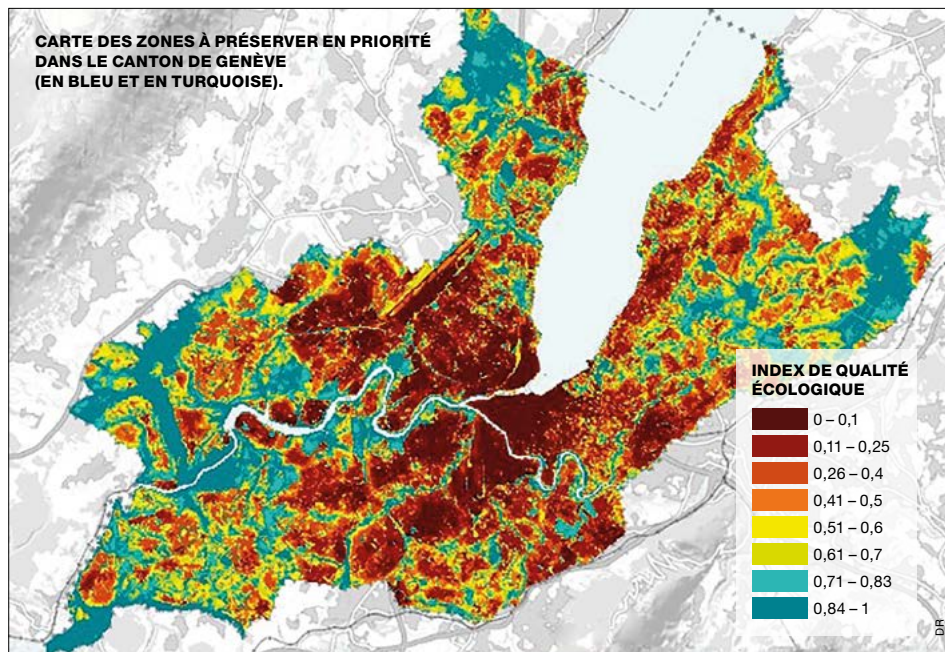
ENVIRONNEMENT

Un logiciel vient en aide à la préservation de la biodiversité genevoise

DES CHERCHEURS ONT MIS AU POINT UNE MÉTHODE PERMETTANT D'IDENTIFIER LES LIEUX À PRÉSERVER EN PRIORITÉ POUR SAUVEGARDER LA BIODIVERSITÉ ET LES SERVICES QU'ELLE REND À LA SOCIÉTÉ.

Identifier les 30% du territoire qui sont les plus importants pour le maintien de la biodiversité et de ses fonctions, tel est l'un des objectifs que le canton de Genève a fixés en 2018 dans sa « Stratégie Biodiversité 2030 ». Dans un article paru le 13 février dans la revue *Sustainability*, une équipe genevoise a mis au point une méthode qui permet d'atteindre ce but. Erica Honeck, chercheuse à l'Institut des sciences de l'environnement, et ses collègues des Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève et de la Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève y présentent un outil informatique qui analyse la biodiversité des écosystèmes ainsi que les services qu'ils rendent afin de produire des cartes identifiant les sites les plus précieux à la survie de tous les êtres vivants. Appliquée au canton de Genève – un territoire sur lequel on recense plus de 40% des espèces qui existent en Suisse – cette méthode révèle les lieux qui sont à préserver en priorité pour le bénéfice de tous les occupants de la région (en bleu et turquoise sur la carte ci-contre) : la faune, la flore et les humains. « L'ensemble des zones identifiées forme l'« infrastructure écologique » du canton, explique Erica Honeck. Il s'agit de l'ensemble non seulement des réservoirs de biodiversité – les sites les plus accueillants pour un grand nombre d'espèces animales et végétales – mais aussi des corridors biologiques, qui relient ces lieux et assurent leur vitalité, et des services écosystémiques. »

Services écosystémiques Pour obtenir leur résultat, les chercheurs ont combiné des données numériques et géolocalisées relatives au patrimoine naturel genevois. Ils ont tenu compte de la distribution de plus de 900 espèces de plantes et d'animaux, de leurs habitats, des connexions nécessaires aux espèces pour se déplacer, se nourrir et se reproduire ainsi que de neuf services écosystémiques majeurs rendus par la biodiversité comme la régulation de la température et de la qualité de l'air, la pollinisation des plantes cultivées, le contrôle de l'érosion des sols ou la capture du CO₂.



« Nous avons utilisé plusieurs logiciels, tous en libre accès, pour modéliser ces différentes dimensions de la biodiversité du canton, précise Erica Honeck, dont la thèse porte justement sur ce sujet. Cette méthode permet d'attribuer à chaque élément du paysage (un pixel correspondant à un carré de 25 mètres de côté) une valeur relative de priorité située entre 1 et 100. Nous pouvons ensuite moduler le résultat en choisissant de favoriser plus ou moins certains paramètres comme les espèces rares, certains services écosystémiques précis, la connectivité entre les réservoirs ou encore les surfaces qui comptent le plus d'espèces différentes (c'est cette dernière option qui est à l'origine de la carte ci-dessus). »

Délicat à traiter On retrouve sur cette carte des aires dont la protection est assurée comme les réserves naturelles, les forêts publiques ou les zones non constructibles. Mais celles-ci ne représentent que la moitié des réservoirs de biodiversité. Les autres se situent sur des zones qui ne sont pas à l'abri de dégradations, comme des parcelles privées mais aussi certaines parcelles publiques sans suivi particulier.

« Ces cas sont plus délicats à traiter, note Erica Honeck. Il ne faut pas effrayer les propriétaires avec des mesures radicales de sauvegarde car ils pourraient être tentés d'exploiter les zones concernées avant un éventuel changement de statut. Chaque situation doit recevoir une réponse spécifique. Il est cependant imaginable de mettre sur pied des solutions politiques similaires à la

subvention qui est versée par la Confédération aux agriculteurs en échange de prestations écologiques. »

Quoi qu'il en soit, les zones identifiées pourront faire l'objet de plus d'attention et de mesures particulières pour assurer le maintien de leur fonctionnalité, surtout lors de la construction de routes, de bâtiments ou de canalisations.

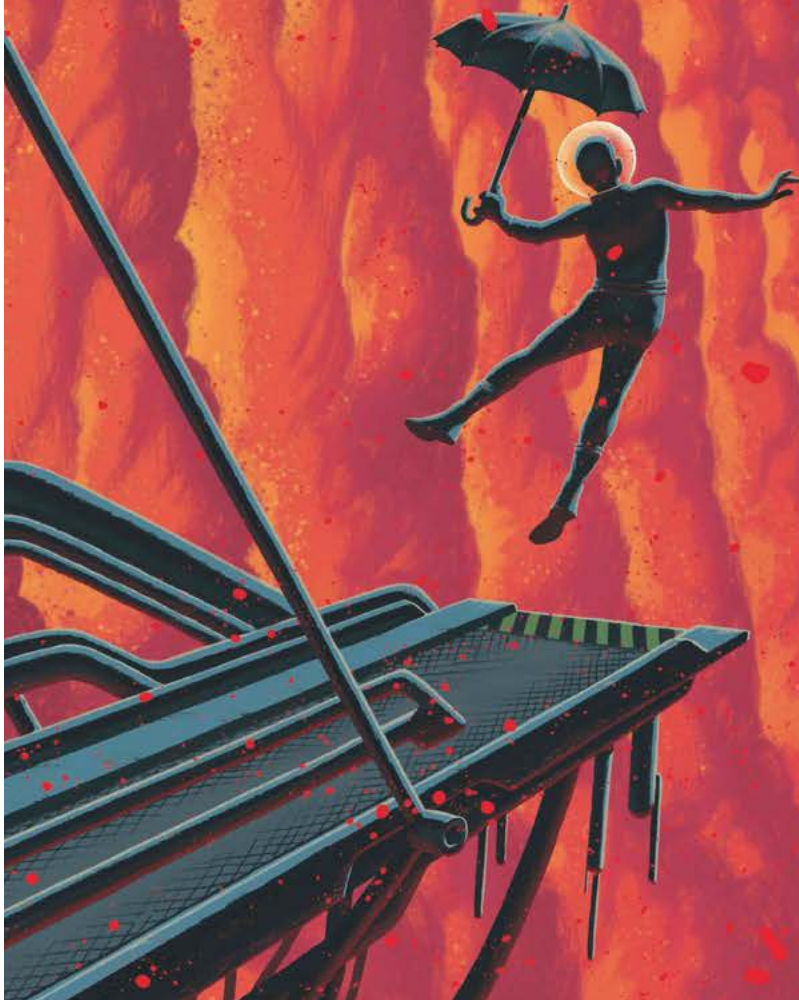
Le projet a été pensé de manière dynamique afin de répondre aux besoins plus précis des collectivités publiques en matière de planification de l'aménagement du territoire. Cette étude, dont la Ville et l'État de Genève sont partenaires, s'inscrit d'ailleurs dans le cadre de la « Stratégie Biodiversité Genève 2030 ». Il existe des objectifs similaires au niveau national mais le canton du bout du lac est le premier à avoir mis sur pied un tel plan d'action. L'Université de Genève va d'ailleurs partager son expérience dans un projet similaire au niveau fédéral financé par le plan d'action de la Stratégie Biodiversité Suisse.

L'État de Genève affiche aussi une ambition plus grande que ce qui est prévu sur le plan international par le Protocole de Nagoya. Ratifié par la Suisse, celui-ci prévoit que chaque territoire doit assurer la conservation d'aires protégées couvrant au moins 17% de sa surface terrestre. Genève a choisi d'y ajouter 13% supplémentaires, correspondant aux corridors biologiques indispensables au maintien d'une infrastructure écologique en bonne santé.

EXOPLANÈTE

IL PLEUT DU FER SUR WASP-76 B

DES CHERCHEURS ONT
TROUVÉ UNE **EXOPLANÈTE**
DONT LA FACE EXPOSÉE EST
SI CHAUDE QUE LES MÉTAUX
SONT VAPORISÉS. ILS SE
CONDENSENT À NOUVEAU
EN GOUTTELETTES DÈS
QU'ILS PÉNÈTRENT DANS
L'HÉMISPÈRE PLONGÉ
DANS LA NUIT



Dessin par Frederik Peeters: « Chantons sous la pluie de fer : une soirée sur WASP-76 b ». L'énorme vague rouge représente les nuages de fer qui rencontrent le front froid marquant le passage vers le côté obscur de la planète et produisant des « embruns », c'est-à-dire des gouttes de fer condensé.

Ce soir, comme tous les soirs, il pleut du fer sur WASP-76 b. Cette exoplanète située à quelque 640 années-lumière de la Terre possède en effet un hémisphère continuellement exposé à son étoile. La température y grimpe au-dessus de 2400°C, ce qui suffit à vaporiser les métaux. Les vents forts qui balayent l'épaisse atmosphère transportent ensuite les vapeurs ferreuses vers le côté plongé dans la nuit. Lorsqu'ils passent la limite baptisée « soir » et entrent dans la face obscure, la température chute de près de 1000 degrés. Ce refroidissement provoque la condensation de la vapeur de fer en gouttelettes qui déferlent alors vers les profondeurs insondables. Tel est le scénario présenté par une équipe dirigée par David Ehrenreich, professeur au Département d'astronomie (Faculté des sciences) dans un article paru le 11 mars dans la revue *Nature*.

« Il pleut du fer sur WASP-76 b mais il se pourrait aussi qu'il neige du fer, précise David Ehrenreich. Le fait que les vapeurs d'atomes de fer se condensent ou se solidifient dépend de la présence d'autres éléments chimiques et, surtout, du profil de températures du côté nuit. Des informations que nous ne connaissons pas. Du moins pas encore. »

Le phénomène de précipitation du fer a été découvert grâce au tout nouveau spectrographe ESPRESSO, un instrument conçu à l'Université de Genève et équipant depuis 2017 le Very Large Telescope de l'Observatoire européen austral (ESO) au Chili. L'appareil a été utilisé pour analyser la lumière de l'étoile traversant l'atmosphère de WASP-76 b au moment où celle-ci effectue un transit. La précision de la mesure est telle que l'étude du signal a permis de déterminer la composition en fer des couches gazeuses extérieures ainsi que leur vitesse de rotation – la partie solide interne de la planète, celle qui est synchronisée avec l'étoile, est invisible.

Les astronomes ont ainsi pu détecter, pour la première fois, une variation chimique

à l'échelle d'une même exoplanète. Ils ont en effet mesuré une forte signature de vapeur de fer sur la frontière entre le jour et la nuit dite du « soir » (là où le vent pousse les vapeurs de fer dans la nuit). Une signature qui est absente sur la limite opposée, celle dite du « matin ». La conclusion logique est que le métal s'est condensé quelque part entre les deux, dans la nuit éternelle, faisant pleuvoir des gouttes ou tomber des flocons de fer.

LORSQUE LES VENTS PASSENT LA LIMITE BAPTISÉE « SOIR » ET ENTRENT DANS LA FACE OBSCURE, LA TEMPÉRATURE CHUTE DE PRÈS DE 1000 DEGRÉS

Les conditions physicochimiques sont telles côté diurne qu'il est possible – mais non vérifié – que l'atmosphère contienne aussi des ions de fer. Ces atomes chargés, ayant perdu un ou plusieurs électrons, sont sensibles au champ magnétique de l'exoplanète et créent des courants électriques susceptibles d'entraver ou de figer considérablement la circulation atmosphérique. Une telle hypothèse permettrait d'expliquer pourquoi la température est si mal distribuée tout autour de la planète.

Géantes ultrachaudes WASP-76 b fait partie des exoplanètes dites géantes ultrachaudes. Celles-ci ont la particularité de recevoir un ensoleillement au moins 1000 fois plus important que la Terre – dans le cas de WASP-76 b, il est 4000 fois plus important. Une telle irradiation ne peut être produite que par des étoiles beaucoup plus massives que le Soleil. « Ces géantes ultrachaudes ne sont pas les cibles

privilegiées des chasseurs d'exoplanètes, explique David Ehrenreich. La taille importante des étoiles autour desquelles elles gravitent rend en effet leur découverte difficile. Les naines rouges, beaucoup plus petites, se prêtent beaucoup mieux aux techniques de détection dites du transit ou de la vitesse radiale. »

Cela ne fait que quelques années, avec le perfectionnement des instruments de mesure, que les campagnes de recherche d'exoplanètes s'intéressent à toutes les étoiles brillantes du ciel sans distinction de type ou de masse.

La première géante ultrachaudes à avoir été découverte est WASP-33 b, en 2010. La plus chaude, à ce jour, est KELT-9 b. Cette dernière est soumise à un ensoleillement des dizaines de milliers de fois supérieur à celui de la Terre. L'équipe de David Ehrenreich a d'ailleurs publié dans la revue *Nature* du 15 août 2018 un inventaire particulièrement riche des éléments chimiques détectés sur KELT-9 b : du fer, du titane, du magnésium, du chrome, du scandium, de l'yttrium, du calcium, de cobalt, du strontium...

« Il est possible que l'on trouve aussi certains de ces éléments sur WASP-76 b, note David Ehrenreich. Et peut-être tombent-ils aussi sous forme de pluie le soir sur cette exoplanète. Nous possédons beaucoup de données que nous sommes en train d'analyser et qui devraient nous permettre de le savoir. Par ailleurs, à l'aide d'ESPRESSO, nous avons lancé un programme de relevés atmosphériques sur d'autres planètes géantes ultrachaudes pour vérifier si le phénomène de pluie de fer se produit ailleurs. »

HUMANITÉS NUMÉRIQUES

TOUT ROUGEMONT EN LIBRE ACCÈS

OFFRIR EN LIGNE ET GRATUITEMENT LES **ŒUVRES COMPLÈTES DU PENSEUR NEUCHÂTELOIS** ACCOMPAGNÉES D'OUTILS D'ANALYSE ET DE RECHERCHE SCIENTIFIQUES, C'EST CE QUE PROPOSE DEPUIS LE MOIS DE MARS LA PLATEFORME «ROUGEMONT 2.0».



Écrivain, philosophe et professeur d'université, Denis de Rougemont (lire *Campus* n° 98) est un monument intellectuel. En témoignent la trentaine d'ouvrages, le millier d'articles, les centaines d'entretiens et la très riche correspondance qu'il a laissés derrière lui au moment de sa disparition en 1985. Une œuvre majuscule donc, dont les contours sont d'autant plus difficiles à dessiner qu'elle aborde une multitude de thèmes allant de la théologie à la critique littéraire, en passant par l'engagement européen, la défense de la culture, la collaboration scientifique ou la réflexion écologique. Rendre accessible ce patrimoine tout en offrant les outils nécessaires à sa compréhension et à son analyse, c'est l'objectif que poursuivent depuis 2017 les chercheurs impliqués dans le projet «Rougemont 2.0», une plateforme en ligne gratuite inaugurée en mars dernier. Explications avec Nicolas Stenger, chargé d'enseignement au Global Studies Institute (GSI) et instigateur du projet.

«*Les études sur Denis de Rougemont sont relativement nombreuses encore aujourd'hui, précise l'historien. Mais chaque chercheur – et je me range dedans – voit le personnage par le bout de sa lorgnette, ce qui fait que tous ces travaux restent un peu cloisonnés. Notre ambition est non seulement de rendre disponible l'ensemble des œuvres de Rougemont, ce qui est déjà totalement inédit pour un auteur contemporain, mais*

aussi de permettre des regards transversaux sur celles-ci grâce aux potentialités offertes par les nouvelles technologies.»

Mise au propre Avec l'appui de plusieurs mécènes dont une fondation privée genevoise, de la Bibliothèque publique et universitaire de Neuchâtel et des services informatiques de l'UNIGE, la petite équipe (dans laquelle figurent trois autres chercheurs du GSI, François Saint-Ouen et Jonathan Wenger, ainsi que Frédéric Glorieux, informaticien expert en linguistique computationnelle) s'est, dans un premier temps, concentrée sur la quarantaine d'ouvrages (éditions originales et rééditions) signés par Rougemont. Soit la majorité des livres, à l'exception de deux textes parus initialement en anglais et d'un oratorio, qui seront publiés ultérieurement. Après sa numérisation, chaque recueil a fait l'objet d'un minutieux travail d'édition que se sont partagés les chercheurs. «*Il ne s'agit pas simplement de scanner un livre et de le mettre sur le net, précise Nicolas Stenger. Pour pouvoir être pleinement exploité, le texte doit être bien structuré et aussi propre que possible, sans quoi on obtiendrait beaucoup de déchets et d'artefacts qui pourraient nuire au travail de fouille et d'exploration que l'on souhaite effectuer dans un deuxième temps.*»

Plusieurs centaines d'articles de revues ont déjà subi un tel traitement et devraient être mis en ligne très prochainement. Tout comme



Denis de Rougemont,
«Portraits au canotier»,
autour de 1980.

le sont d'ores et déjà les archives audiovisuelles gracieusement mises à disposition par la Radio Télévision suisse (RTS).

Carte blanche Le traitement de la correspondance prendra, par contre, un peu plus de temps. D'une part, parce que la reconnaissance automatique de caractères ne peut pas être utilisée dans la majorité des cas et qu'il faut saisir le contenu à la main. D'autre part, parce que, pour avoir une vue complète, il est nécessaire de retrouver les lettres envoyées par Rougemont qui sont conservées dans différentes bibliothèques de par le monde. *«Sur ce plan, les choses avancent, précise Nicolas Stenger. Nous nous accordons au fur et à mesure avec plusieurs des institutions concernées.»*

Les questions de droits ont, quant à elles, été résolues grâce à une procédure similaire auprès des éditeurs qui possèdent encore des œuvres de Rougemont dans leur catalogue (c'est notamment le cas de Gallimard, de Plon et de La Baconnière). La famille a également donné carte blanche à Nicolas Stenger pour toutes les démarches nécessaires à la mise en ligne du reste du patrimoine.

L'esprit du penseur Deuxième grand volet de l'entreprise, l'élaboration des outils informatiques destinés à naviguer par monts et par vaux dans l'esprit du penseur neuchâtelois a été lancée en parallèle.

«Plutôt que de surcharger cette masse de textes déjà considérable avec un important appareil critique, nous avons choisi de nous focaliser sur le développement d'instruments facilitant la navigation au milieu de ces données, poursuit le scientifique. Cela facilitera la tâche des personnes qui visitent le site tout en nous permettant d'affiner au fur et à mesure le travail d'édition.»

Le premier segment de ce cercle vertueux consiste à développer un moteur de recherche beaucoup plus précis que celui qui est utilisé actuellement afin de produire des statistiques afin de produire des suggestions de lecture de façon automatisée. *«Penser à des renvois vers d'autres œuvres, c'est quelque chose qui est dans nos compétences habituelles en tant que spécialistes de Rougemont, précise Nicolas Stenger. Mais, malgré notre expertise, il y a toujours des choses qui vont passer en dehors de nos radars. Sur la base d'éléments stylistiques, de mots ou d'agencements de phrases, un algorithme bien conçu peut créer des parcours de lecture, et donc des corpus de recherche, auxquels nous n'aurions jamais pensé.»*

Dans le même ordre d'idées, un instrument servant à détecter les reprises est également à l'étude. Cet outil, qui pourrait s'avérer utile à tous les spécialistes de la génétique textuelle, faciliterait considérablement l'identification des variations qui peuvent exister entre

différentes éditions d'un même texte. Dans le cas d'un auteur comme Rougemont, qui a souvent repris les mêmes arguments en les reformulant selon le public auquel il s'adressait, il permettrait de suivre très précisément l'évolution de sa pensée sur certaines thématiques. Cela, tout en éclairant d'un jour nouveau la genèse de certaines œuvres construites sur la base d'articles ou de chapitres publiés en guise de tests dans différentes revues.

Penser la crise Enfin, un index général du site est également en cours de développement. Recensant chaque lieu, date ou nom de personnes figurant dans le corpus, il offrira un précieux appui à qui chercherait, par exemple, à dresser une cartographie fine de l'immense réseau de relations qu'avait tissé Denis de Rougemont à travers le monde.

«La pensée de Rougemont mérite qu'on s'y arrête en tant que telle, conclut Nicolas Stenger. Entre autres choses, c'est quelqu'un qui est intéressant à questionner pour penser le contexte de crise dans lequel nous nous trouvons actuellement, et qui est amplifié avec l'épidémie de Covid-19. Mais, au-delà de son œuvre, nous serions ravis si le travail que nous avons effectué pouvait inspirer et servir à d'autres équipes travaillant sur d'autres auteur-es.»

Vincent Monnet

ENQUÊTE HISTORIQUE

UNE ÉCLIPSE DE LUNE DE L'AN 1110 DÉMASQUE DES ÉRUPTIONS OUBLIÉES

PLUSIEURS ÉRUPTIONS SURVENUES DE MANIÈRE SUCCESSIVE AU DÉBUT DU XII^e SIÈCLE ONT PROVOQUÉ UN PHÉNOMÈNE **D'OBSCURCISSEMENT DE LA LUNE** LORS DE SON ÉCLIPSE PAR LA TERRE EN 1110. UN CHERCHEUR GENEVOIS MÈNE UNE ENQUÊTE ALLIANT HISTOIRE, CLIMAT ET ASTRONOMIE.

En cet an de grâce de 1110, un moine de l'est de l'Angleterre rédige une observation conservée depuis dans la *Chronique de Peterborough*: «*Durant la cinquième nuit du mois de mai, la Lune apparut brillante dans la soirée et, ensuite, sa lumière diminua petit à petit jusqu'à ce que, quand la nuit arriva, elle eût complètement disparu sans qu'aucune lueur ni sphère ni rien du tout ne fût visible. Cela continua ainsi jusqu'à l'aube et alors elle apparut pleine et brillante. [...] Toute la nuit, le firmament était très clair et les étoiles brillaient dans tout le ciel.*»

L'homme devait certes espérer que son témoignage demeure pour la postérité. Mais il ne pouvait évidemment pas imaginer que, près d'un millénaire plus tard, ce court passage décrivant une éclipse de Lune allait contribuer à attester l'existence de plusieurs éruptions volcaniques majeures successives (pour la plupart inconnues) survenues entre 1108 et 1110 de l'autre côté de la planète et dont il n'avait aucune idée. C'est pourtant exactement ce qui s'est passé avec un article, paru le 21 avril dans la revue *Scientific Reports*, qui base son analyse sur des données issues de sources aussi différentes que des manuscrits médiévaux, des cernes d'arbres et des carottes glaciaires.

«*La Lune, lorsqu'elle est éclipsée par le passage de la Terre entre elle et le Soleil, reste en général visible, explique Sébastien Guillet, en chercheur à l'Institut des sciences de l'environnement (Faculté des sciences) et premier auteur de l'article. Elle conserve une teinte orange-rouge foncé produite par la lumière du Soleil qui traverse l'atmosphère terrestre. Le fait qu'elle ait complètement disparu ce jour-là aux yeux de l'observateur du Moyen Âge alors que le ciel était dégagé signifie*

que la haute atmosphère terrestre était chargée d'aérosols et de poussières qui la rendaient plus opaque aux rayons solaires. Ces particules ont très probablement été émises par une éruption volcanique majeure, à l'instar de ce qui s'est passé lors de celle du mont Pinatubo en 1991.»

Carottes corrigées Sébastien Guillet a été mis sur la piste de cet ensemble d'éruptions volcaniques médiévales par une révision du système

LA TEMPÉRATURE MOYENNE EN EUROPE SERAIT ALORS TOMBÉE DE 1°C, CE QUI FAIT DE CETTE PÉRIODE L'UNE DES PLUS FROIDES DU MILLÉNAIRE

de datation des carottes de glace publié dans la revue *Nature* en 2015. Michael Sigl, professeur au Centre de recherche sur le changement climatique de l'Université de Berne, montre dans ce papier que la chronologie utilisée jusqu'à présent pour interpréter ces archives extraites des calottes glaciaires du Groenland et de l'Antarctique doit en réalité être corrigée par un décalage de quelques années (sept en moyenne). Une des conséquences de cette correction, c'est qu'un dépôt de sulfates détecté dans les

glaces du Groenland, longtemps attribué à l'éruption du Hekla (Islande) en 1104, doit en fait être associé à un événement plus tardif, situé entre 1108 et 1110. Un événement qui, en outre, coïncide désormais avec un signal similaire mais qui a été mesuré de l'autre côté du globe, c'est-à-dire dans les glaces de l'Antarctique. Par ailleurs, une analyse plus fine du contenu des carottes glaciaires suggère qu'à cette époque on n'a probablement pas eu affaire à une mais à plusieurs éruptions consécutives.

Climat froid Il se trouve que Sébastien Guillet connaît bien les éruptions volcaniques du Moyen Âge car il travaille sur ce sujet depuis plusieurs années. En 2017, il a notamment publié un article dans la revue *Nature Geoscience* sur celle de Samalás qui a eu lieu en Indonésie en 1257. À cette occasion, il avait déjà dépouillé de nombreuses archives européennes pour y trouver des témoignages de contemporains

sur les changements climatiques associés à l'événement volcanique.

En relisant ces manuscrits et en remontant dans le temps, il a alors découvert que l'Europe avait connu un épisode climatique particulièrement froid et humide durant la période 1109-1111, avec des pluies excessives et continues ainsi que du mauvais temps durant l'été et l'automne en France, en Allemagne et dans les îles britanniques. Les données dendrochronologiques (l'étude des cernes des arbres qui renseignent

Éclipse de Lune, 27 juillet 2018. À cet instant, la Terre se trouve entre la Lune et le Soleil et coupe ainsi la lumière directe et blanche qui éclaire habituellement la surface du satellite. À la place, on voit cette lueur rouge-orangé produite par les rayons solaires après avoir traversé l'atmosphère terrestre. Ce phénomène de rougissement est le même que celui qui survient à l'aube ou au crépuscule.



ESA/CESAR-M. CASTILLO

sur la météorologie locale jusqu'à plusieurs millénaires dans le passé) confirment l'existence d'une anomalie climatique au cours de ces années. Il en ressort que la température moyenne en Europe serait alors tombée de 1°C, ce qui fait de cette période l'une des plus froides du millénaire (avec un refroidissement restant toutefois bien moins prononcé que celui consécutif à l'éruption du Tambora en 1815). D'autres chroniques font même mention de famine, en particulier en France. La *Chronique de Morigny* (Île-de-France) rapporte ainsi pour 1109–1110 que « toute la Gaule souffrait d'une grave famine et pendant sept années consécutives, le manque de tout ce qui est nécessaire pour maintenir la vie a persisté et ainsi tué beaucoup de gens et réduit un nombre incalculable de riches à la pauvreté ».

« On ne peut pas automatiquement lier un climat plus froid à des problèmes de famine, commente Sébastien Guillet. Les soubresauts de cette nature dépendent certes des conditions météorologiques mais aussi de la situation politique, économique et sociale de chaque région. On retrouve ainsi des témoignages de crise de subsistance et de famine en Espagne et probablement aussi en Irlande et en Angleterre. Mais rien en Allemagne, en Italie ou en Autriche. »

Enfin, le chercheur genevois a pu déterminer, grâce à des calculs rétroactifs effectués par la Nasa, les dates de toutes les éclipses de Lune qui ont eu lieu à cette époque afin de vérifier si un observateur médiéval attentif aurait par hasard remarqué un obscurcissement de la Lune éclipisée, comme cela s'est produit dans presque toutes les grandes éruptions plus récentes (dont celles du Tambora de 1815, du Krakatoa de 1883 ou encore du Pinatubo de 1991). Et c'est ainsi qu'il est tombé sur l'événement du 5 mai 1110 et le passage de la *Chronique de Peterborough* qui parle d'une Lune devenue noire. Une description qui contraste avec celles des éclipses précédentes et suivantes (il y en a eu sept entre 1100 et 1120), qui évoquent à chaque fois des Lunes rouge sang.

Coupables mystères Il se trouve que l'on connaît une éruption qui s'est déroulée entre 1108 et 1110 mais elle a eu lieu dans l'hémisphère Nord et peut difficilement expliquer la présence de sulfates en Antarctique. Il s'agit de celle du mont Asama, au Japon qui est entré en activité en août 1108. Cet événement a en effet été rapporté dans le *Journal de Chuyuki*, écrit par l'homme d'État Fujiwara no Munetada,

un passage d'ailleurs gracieusement traduit par Pierre-François Souyri, professeur honoraire à l'Unité de japonais (Faculté des lettres): « Selon un rapport provenant de la province de Kōzuke, il y a une haute montagne au milieu de la province, le mont Asama. Dans les années 1065–1069, une légère fumée s'est élevée au-dessus du volcan mais par la suite elle est devenue imperceptible. Le 29 août, embrasement au sommet du volcan, projection de cendres sur une grande épaisseur dans le jardin du gouverneur, partout les champs et les rizières sont rendus impropres à la culture. On n'a jamais vu ça dans le pays. C'est une chose bien étrange et rare. »

Forts de toutes ces données, les auteurs de l'article proposent différents scénarios. Selon l'un d'eux, plusieurs volcans de l'hémisphère Nord et un dans les tropiques seraient entrés en éruption les uns après les autres et auraient produit les traces de sulfates détectés dans les glaces de l'Antarctique et du Groenland dans des proportions indéterminées. Parmi elles, l'éruption du mont Asama, en particulier, aurait été d'une grande violence, selon les experts. Elle pourrait avoir contribué aux dépôts de sulfates piégés au Groenland et aux perturbations climatiques observées en Europe.

Anton Vos

AU CŒUR DE LA MACHINERIE DU LANGAGE

LE PÔLE DE RECHERCHE NATIONAL «EVOLVING LANGUAGE», LANCÉ EN JANVIER DE CETTE ANNÉE, S'EST FIXÉ COMME OBJECTIF DE DÉCORTIQUER LE LANGAGE, DE PLONGER DANS LA STRUCTURE LA PLUS INTIME DES LANGUES, D'EN COMPRENDRE L'ORIGINE ÉVOLUTIVE ET LES FONDEMENTS BIOLOGIQUES. PRÉSENTATION

Dossier réalisé par Vincent Monnet et Anton Vos



WHAT?!



0101 1 001 11
010 1 0 ?



BLA
BLA BLA
BLA





OK !



PSSST...!



**BLA BLA
A BLA BLA BLA
A BLA ???**



ARGH !!!

Mots d'amour, dialogues de sourds, brèves de comptoir, propos de boudoir, négociations, alexandrins, discours... L'une des adaptations les plus spectaculaires apparues au cours de l'évolution de l'être humain est sans doute sa capacité à s'exprimer et à communiquer par le langage oral. Cette caractéristique d'*Homo sapiens*, portée à un niveau de complexité sans égal dans le règne animal, peut être considérée comme un succès évolutif majeur si l'on se réfère au nombre de sons différents que notre espèce arrive à produire, aux combinaisons presque infinies de syllabes et de mots que ceux-ci peuvent former, à la quantité ahurissante de concepts (utiles autant que futiles) qu'ils permettent d'exposer dans des centaines d'idiomes distincts ou encore au rôle de la parole en tant que lubrifiant et organisateur social.

En même temps, il est frappant de constater à quel point le langage, que l'on utilise pourtant tous les jours, même pour ne rien dire, est, au fond, une faculté méconnue, en particulier du point de vue de son origine évolutive ou des conditions biologiques et neurologiques qui sont nécessaires à sa mise en application. Le Pôle de recherche national (PRN) *Evolving Language*, qui démarre officiellement le 1^{er} juin de cette année, compte bien combler un certain nombre de ces lacunes. Codirigé par les universités de Genève et de Zurich, ce vaste programme scientifique, financé pour quatre, et probablement huit ans par le Fonds national de la recherche scientifique (FNS), rassemblera des groupes de recherche actifs dans des domaines aussi divers que la linguistique, la philosophie, l'éthique, la biologie, les neurosciences, la psychologie ou l'informatique.



Anne-Lise Giraud

Professeure au Département des neurosciences fondamentales (Faculté de médecine) et codirectrice du PRN «Evolving Language»

1997 : Obtient son doctorat en neurosciences à l'Université de Lyon.

2001 : Fonde son propre groupe de recherche au Brain Imaging Centre de Francfort.

2004 : Nommée chargée de recherche au CNRS, en France.

2007 : Nommée directrice de recherche au CNRS.

2013 : Nommée professeure à la Faculté de médecine de l'UNIGE.

Entretien avec Anne-Lise Giraud, professeure au Département des neurosciences fondamentales (Faculté de médecine) et codirectrice du PRN avec Balthasar Bickel, professeur à l'Université de Zurich.

Campus : Qu'est-ce que les sciences du langage ?

Anne-Lise Giraud : L'étude du langage a longtemps été restreinte aux sciences humaines, essentiellement à la linguistique et à la philosophie. Ces disciplines se sont surtout intéressées à la structure (syntaxique, grammaticale...) et à l'évolution des langues les unes par rapport aux autres. À partir des années 1990, les progrès réalisés en neurosciences, en biologie et en psychologie ont commencé à offrir de nouveaux éclairages sur l'évolution biologique du langage et sur ses rouages fondamentaux, présents dans le cerveau, le cortex, les synapses ou encore les gènes. Encore plus récemment, l'informatique et l'intelligence artificielle ont ouvert de tout nouveaux champs de recherche dans les sciences du langage, que ce soit dans la reconnaissance vocale, la traduction automatique, la production de parole par les ordinateurs ou encore la mise au point de prothèses neurologiques (c'est-à-dire reliées au système nerveux) pour traiter les maladies du langage.

Les sciences du langage sont-elles une tradition à l'Université de Genève ?

Historiquement, l'UNIGE compte dans ses rangs le précurseur du structuralisme en linguistique, à savoir Ferdinand de Saussure (1857-1913), souvent présenté comme le fondateur de la discipline. Aujourd'hui, l'institution compte un nombre impressionnant de chercheuses et de chercheurs toujours actifs dans les sciences du langage au sens large. L'idée de concevoir un pôle de recherche national à Genève avait d'ailleurs déjà germé au début des années 2010. Elle ne s'était pas réalisée mais avait abouti à la création du réseau «communication et langage» fédérant des scientifiques provenant des Facultés de lettres, de médecine et de psychologie et sciences de l'éducation. Par la suite, le projet d'un PRN sur le langage a refait surface dans la perspective du nouvel appel d'offres émanant du FNS en 2018. Il se trouve que l'Université de Zurich avait alors un projet similaire. Au lieu de jouer la concurrence, nous nous sommes alliés. Un choix qui s'est avéré bénéfique car nos compétences sont complémentaires et nos objectifs alignés.

Quel est l'objectif principal du PRN «Evolving Language» ?

Le pôle cherche à comprendre pourquoi l'être humain est la seule espèce à maîtriser la communication interindividuelle à un tel niveau de complexité symbolique et syntaxique. Nous pensons que cette particularité est due à une convergence unique de traits (biologiques, neurologiques, cognitifs et sociaux...) qui sont par ailleurs largement distribués dans le règne animal. Pour atteindre notre but, nous avons décidé de créer des synergies transdisciplinaires et de donner un coup d'accélérateur à l'ensemble des champs de recherche en se concentrant, bien sûr, sur un nombre limité de thèmes précis. Pour résumer, on peut décliner le pôle *Evolving Language* selon trois axes majeurs.

Lesquels ?

Le premier est l'étude de la structure du langage, de la syntaxe, de la grammaire, etc. C'est le domaine traditionnel de la linguistique mais il est traité dans le cadre des nouvelles technologies et des moyens de communication. Par exemple, Paola Merlo, professeure associée au Département de linguistique (Faculté des lettres), dirige un projet portant sur l'évolution de la complexité linguistique et plus particulièrement de la «compositionnalité», un terme qui désigne une propriété du langage selon laquelle le sens d'une combinaison de mots (une phrase) dérive du sens des parties (les mots). Elle utilisera notamment des techniques de *deep learning* pour étudier comment la structure du langage naturel a progressivement évolué à partir d'une simple juxtaposition de chaînes.

Le deuxième axe de recherche du PRN est l'étude des mécanismes neurologiques qui rendent cette faculté possible. Nous allons consacrer des projets (*work-packages*) aux mécanismes de perception et de production du langage ainsi qu'à certaines pathologies qui touchent la fonction de la parole. Dans nos expériences, nous allons, entre autres, utiliser le chien comme modèle de recherche.

Quel est le deuxième axe de recherche du PRN ?

Il s'agit de déterminer les fondations biologiques du langage et l'étude des mécanismes neurologiques qui rendent cette faculté possible. Nous allons consacrer des projets (*work-packages*) aux mécanismes de perception et de production du langage ainsi qu'à certaines pathologies qui touchent la fonction de la parole. Dans nos expériences, nous allons, entre autres, utiliser le chien comme modèle de recherche.

Pourquoi ?

C'est le seul animal qui ait vraiment envie de nous parler. Les grands singes sont certes plus proches du point de vue évolutif mais ils ne montrent en général aucune volonté de communiquer avec l'humain.

«LE CHIEN EST LE SEUL ANIMAL QUI AIT VRAIMENT ENVIE DE NOUS PARLER. LES GRANDS SINGES NE MONTRENT AUCUNE VOLONTÉ DE COMMUNIQUER AVEC L'HUMAIN»

C'MON EVERYBODY!



On dit d'ailleurs du chien qu'il ne lui manque que la parole...

Le chien est bien sûr biologiquement incapable d'articuler des sons bien qu'on ait observé des tentatives d'imiter nos vocalises. Ce que nous voulons investiguer, c'est sa faculté à répondre aux ordres, voire tout simplement comprendre ce que nous lui disons sans exiger une action. Nous aimerions savoir jusqu'à quel point il utilise ou distingue des éléments de syntaxe comme la place du verbe dans une phrase. Selon certaines théories, notre cerveau posséderait, imprimé dans ses circuits d'une façon qui est encore un mystère, les structures syntaxiques que nous utilisons pour parler. Avec des linguistes de l'Université de Zurich, nous cherchons à reconstruire les liens abstraits qui existent entre les différents éléments d'une phrase et la manière dont ils seraient codés (entendre) puis décodés (parler) dans le cerveau. C'est un des plus grands défis scientifiques du pôle.

Comment allez-vous vous y prendre pour réaliser des expériences sur les chiens?

Nous n'allons pas implanter d'électrodes dans leur cerveau. Notre pôle de recherche va dans le sens d'une expérimentation animale uniquement basée sur la volonté de l'animal d'interagir avec nous et les machines, et donc totalement non invasive. Chez le chien, nous allons utiliser l'électroencéphalographie (EEG) pour mesurer les

oscillations neuronales, leur amplitude, leur localisation, leur fréquence, etc. Chez l'humain, ces mêmes oscillations neuronales peuvent être encore mieux appréhendées grâce à la magnétoencéphalographie (MEG). L'achat d'un appareil de magnétoencéphalographie est d'ailleurs prévu en synergie avec un projet de PRN. Ce sera le premier instrument de ce type en Suisse.

Quel est son avantage par rapport à l'EEG?

Les deux techniques sont complémentaires. Elles ne mesurent pas exactement les mêmes choses. L'EEG mesure les variations du champ électrique tandis que le MEG capte celles du champ magnétique. Le MEG se présente comme une sorte de casque, semblable à celui que l'on trouve chez le coiffeur. Il fonctionne sans contact direct. Il n'y a donc pas besoin de fixer des électrodes sur le crâne. Il est plus adapté que l'EEG pour mesurer les signaux de très haute fréquence et permet une reconstruction dynamique des activités neuronales à l'aide de modèles plus simples. Il est toutefois plus cher à l'achat et à l'utilisation.

Servira-t-il aussi à la recherche sur la production de la parole?

Oui. Cette partie de la recherche est essentiellement traitée par Marina Laganaro, professeure associée au laboratoire de neuro-psycho-linguistique (Faculté de psychologie et

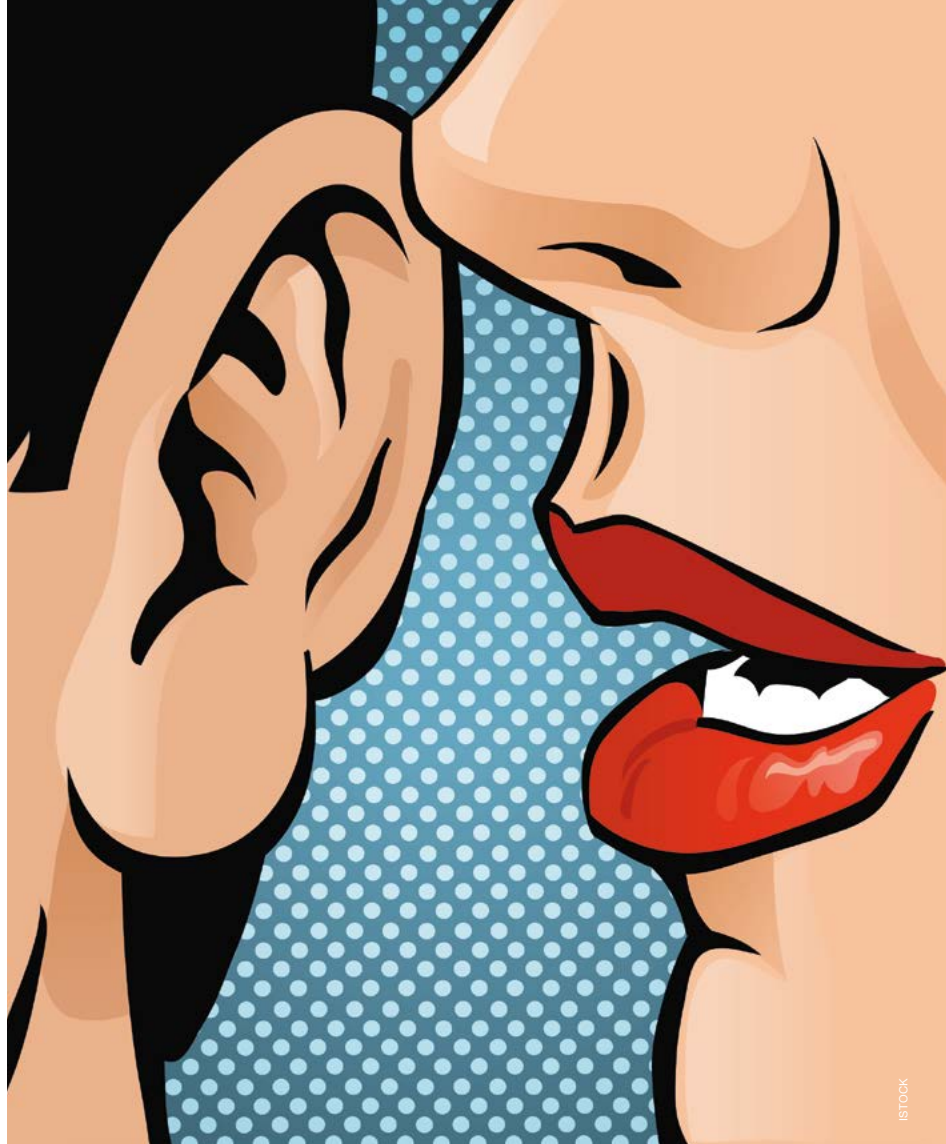
des sciences de l'éducation). Les fondations neurologiques de la production du langage recouvrent un domaine qui va de l'aire de Broca (une des principales zones du cerveau humain responsables du traitement du langage) aux articulateurs (mâchoire, langue, larynx, appareil respiratoire...), en passant par le cortex moteur, responsable des mouvements. On s'intéressera à toutes ces étapes séparément puis de manière un peu plus globale dans le cadre de certaines pathologies.

Lesquelles ?

Nous allons nous intéresser en particulier à l'aphasie (absence de voix) acquise, par exemple à la suite d'un accident vasculaire cérébral, et à la dyslexie phonologique, un trouble neuro-développemental qui provoque des difficultés dans la lecture. Contrairement à ce que l'on pourrait penser, la dyslexie est un problème plus auditif que visuel. En effet, l'apprentissage de la lecture passe par une association entre un graphème et un son que le cerveau peut isoler. Le problème, c'est que chez les dyslexiques, certaines des oscillations qui émergent du cortex auditif n'ont pas la bonne fréquence. Ces patients échantillonnent les sons autrement. Ils découpent la parole en davantage de morceaux plus petits que les personnes normales. Cela pose ensuite le problème d'une surcharge au niveau de la mémoire de travail, qui doit gérer plus d'informations à la fois, et, surtout, d'une distorsion du format représentationnel qui fait correspondre les sons aux graphèmes. Nous avons un article actuellement en phase de publication qui montre qu'une stimulation électrique transcrânienne (par courant alternatif) du cortex auditif chez des adultes dyslexiques à l'aide d'un signal réglé à la bonne fréquence permet d'obtenir de meilleures performances de perception des phonèmes et de lecture. Pour l'instant, l'effet est limité dans le temps. Mais il est possible qu'avec les enfants, qui ont des circuits neuronaux plus plastiques, les résultats soient meilleurs, voire durables. Cela dit, il est pour l'instant exclu de placer des électrodes électriques sur leur crâne. Nous réfléchissons à des expériences alternatives.

La dyslexie a-t-elle des causes génétiques ?

Oui, plusieurs gènes sont impliqués dans ce trouble du langage. Certains d'entre eux produisent des défauts dans la migration neuronale qui a lieu au cours du développement de l'enfant. Il en résulte que les cellules n'occupent pas leur place normale mais vont un peu trop loin et forment des sortes de petites bulles (des ectopies) à la surface du cortex. Nous pensons – ce n'est encore qu'une spéculation – que cette malformation est à l'origine de la fréquence trop rapide des oscillations neuronales.



ISTOCK

Combien de gènes sont impliqués dans le langage ?

Il y en a des centaines mais la génétique du langage reste un domaine peu exploré dans le monde. D'ailleurs j'aimerais développer cette direction de recherche à Genève durant la deuxième phase du PRN *Evolving Language* qui commencerait en 2024. Je compare souvent le langage humain à la tour Eiffel. C'est un édifice complexe composé de très nombreux éléments qui assurent sa stabilité. Il est aussi robuste car même si on dévisse un certain nombre de boulons, il reste debout. Mais si on en enlève un peu trop, l'ensemble finit par s'effondrer. L'idée consiste à comprendre comment est agencé ce mécano géant qu'est la tour Eiffel du langage, sorte de tour de Babel de l'ère génétique.

Comment cela se fait-il que l'être humain soit le seul à avoir développé un langage aussi sophistiqué ?

Cette question est celle qu'aborde le troisième axe du pôle, à savoir les conditions sociocognitives du langage. *Homo sapiens* est une espèce sociale au sein de laquelle la collaboration joue un rôle très important. Il est probable qu'une très grande pression sociale, ajoutée à des traits cognitifs favorables ont rendu possible l'apparition du langage. Mais nous considérons que, même pour cette faculté en apparence unique, l'être humain n'est pas si éloigné des autres animaux. C'est pourquoi le PRN compte de nombreux biologistes qui étudient d'autres espèces animales sur le terrain.

Lesquelles?

L'objectif est de construire une sorte d'arbre phylogénétique de l'évolution du langage, sur l'exemple de celui qui existe pour l'évolution des espèces. Cet arbre comprendrait les nombreuses espèces animales qui ont développé des formes de communication par vocalisation. On a par exemple identifié chez certains singes des prémices de « compositionnalité ». Certains individus émettent en effet des vocalises différentes, chacune chargée d'un sens

« IL Y A DES CENTAINES DE GÈNES IMPLIQUÉS DANS LE LANGAGE. MAIS CELA RESTE UN DOMAINE PEU EXPLORÉ DANS LE MONDE »

spécifique, et qu'ils combinent pour faire passer un message à leurs congénères. On sait aussi que les oiseaux chanteurs sont capables de produire des sons qui sont en apparence combinés. Cependant, ils le font moins pour communiquer que pour imiter ou séduire. Les suricates possèdent, quant à eux, un certain nombre de pépiements, trilles, grognements et autres aboiements dans leur répertoire vocal pour informer les autres membres de leur groupe d'un éventuel danger ou autre. Nous pensons aussi à développer une expérience pour les chiens domestiques. On leur proposerait une série de buzzers, chacun correspondant à un mot différent, qui leur permettrait de former éventuellement des embryons de phrases avec des prémices de syntaxes en évitant, bien sûr, de tomber dans le travers du conditionnement, qui n'est pas du tout le but recherché. Bref, les exemples sont légion et sont tous intéressants car ils nous montrent la large palette des traits cognitifs nécessaires à la communication.

Comment se divise le travail entre les deux principaux contributeurs du PRN, les universités de Genève et de Zurich?

En gros, l'Université de Genève s'occupe principalement des aspects neuroscientifiques, psychologiques et informatiques. Celle de Zurich est plus active dans les domaines

de la linguistique et de la biologie animale, avec l'Université de Neuchâtel. Cela dit, les frontières dans le PRN sont grandes ouvertes et d'autres institutions y participent: c'est le cas pour l'instant des universités de Bâle, à Fribourg et à Lausanne, les écoles polytechniques fédérales de Lausanne et de Zurich, ainsi que l'Institut d'intelligence artificielle perceptive de Martigny (Idiap).

Combien de personnes sont impliquées dans Evolving Language?

Nous sommes une trentaine de chercheuses et de chercheurs principaux, accompagnés de leurs équipes, ce qui fait d'emblée plus d'une centaine de personnes. Pour la première phase allant de 2020 à 2023, le PRN bénéficie d'un budget de 34,6 millions de francs (dont 17 millions provenant du Fonds national pour la recherche scientifique). Tous nos projets de recherche sont collaboratifs, c'est-à-dire qu'ils sont supervisés par deux chercheurs issus de deux institutions différentes et bénéficient de la collaboration de plusieurs autres membres du PRN.

Quelles sont les plateformes que vous allez mettre en place?

Nous allons concevoir un cursus doctoral visant à aider les étudiantes et les étudiants à choisir un parcours intelligent à travers l'offre existante en matière de sciences du langage dans toutes les universités suisses. Nous allons aussi organiser une école d'été annuelle dont la première aura lieu début septembre. Par ailleurs, le PRN fonctionnera avec des *task forces* transversales destinées à éviter les doublons et à créer une culture commune. Dans ce cadre, nous utiliserons et enrichirons une plateforme technologique déjà existante (*La Brain Computer Interface* du Campus Biotech). Nous offrirons l'accès à des bases de données (il existe entre autres des collections considérables d'enregistrements de conversations de toutes sortes à l'Université de Zurich qui doivent pouvoir être exploitées de manière optimale) et à des outils statistiques pour les traiter. Il y aura aussi des *task forces* plus théoriques qui aborderont des sujets comme celui des concepts, afin que tous les participants partagent un répertoire de notions communes, ou celui de l'éthique, une notion cruciale pour aborder des problèmes liés à l'intelligence artificielle ainsi qu'au traitement des troubles du langage par des moyens de neuro-ingénierie.

Pensez-vous déjà à la postérité du PRN?

Notre but à long terme est de créer un institut national pour l'étude interdisciplinaire de l'évolution du langage, qui permettra non seulement de pérenniser les activités du pôle, mais de les faire évoluer. Il entrera en fonction après la seconde phase du pôle qui se déroulera de 2024 à 2027.



APPRENTISSAGE

« JE SUIS NUL EN LANGUES ! » UNE ÉTUDE SE PENCHE SUR LES DIFFÉRENCES ENTRE INDIVIDUS

TOUT LE MONDE N'EST PAS ÉGAL FACE AU LANGAGE. CERTAINS ONT PLUS D'APTITUDES QUE D'AUTRES POUR L'APPRENTISSAGE D'UN NOUVEL IDIOME. D'OÙ VIENNENT CES DIFFÉRENCES INTERINDIVIDUELLES ? NARLY GOLESTANI, CODIRECTRICE D'UN PROJET AU SEIN DU PRN « EVOLVING LANGUAGE », MÈNE L'ENQUÊTE.



Narly Golestani

Professeure associée à la Section de psychologie (Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation)

2002: Thèse de doctorat en psychologie clinique à l'Université McGill au Canada.

2009: Boursière d'excellence à l'Université de Genève.

2012: Professeure assistante au Département des neurosciences cliniques.

On peut être doué pour la prononciation de mots en langue étrangère tout en faisant beaucoup de fautes de grammaire. À l'inverse, on peut maîtriser parfaitement une nouvelle syntaxe mais, en même temps, être affligé d'un terrible accent ou avoir de la peine à apprendre de nouveaux mots dans un autre idiome que le sien. Plus radicalement, on peut être globalement mauvais dans l'apprentissage de langues ou, au contraire, jouir de toutes les aptitudes à la fois dans ce domaine. Bref, la nature distribue ses largesses un peu au hasard et les différences interindividuelles en matière de linguistique sont nombreuses.

Comprendre pourquoi ces variations existent, déterminer leurs causes, les dissocier, voire même les prédire: ce sont précisément les objectifs d'un des projets du Pôle de recherche national (PRN) *Evolving Language* qui devrait démarrer le 1^{er} juin. Codirigée par Narly Golestani, professeure associée à la Section de psychologie (Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation), et Raphael Berthele, professeur à l'Institut de plurilinguisme de l'Université de Fribourg, cette étude, qui durera quatre ans, prévoit d'enrôler quelque 150 participants. Ils seront soumis à une batterie de tests permettant d'évaluer leurs aptitudes linguistiques comme des fonctions cognitives plus générales, ainsi qu'à de l'imagerie cérébrale.

« Dans le premier volet, nous nous intéresserons à une cinquantaine d'adultes sains – c'est-à-dire ne présentant aucun trouble du langage, explique Narly Golestani. Dans le second, nous aimerions comparer deux groupes d'une cinquantaine

d'adolescents (entre 13 et 16 ans) dont l'un est composé de personnes souffrant de dyslexie. La difficulté de notre recherche, c'est qu'il va falloir trier parmi le très grand nombre de variables qui entrent en jeu dans l'apprentissage du langage et qui peuvent expliquer les différences d'aptitude constatées. »

L'idée du projet consiste à mesurer et à tisser des liens entre ces variables, dont certaines sont directement associées à la linguistique tandis que d'autres pourraient, à première vue, en paraître éloignées. Les personnes dont le cortex auditif est capable d'un traitement plus fin que la moyenne ont-elles plus d'aisance dans l'apprentissage

LA NATURE DISTRIBUE SES LARGESSES UN PEU AU HASARD ET LES DIFFÉRENCES INTERINDIVIDUELLES EN MATIÈRE DE LINGUISTIQUE SONT NOMBREUSES

des sons? Les individus plus doués pour les fonctions exécutives, telles que la planification ou la mémoire de travail, maîtrisent-ils mieux la grammaire? Et ceux qui sont gratifiés d'un contrôle moteur manuel particulièrement bon sont-ils aussi meilleurs dans la prononciation de mots d'une langue étrangère?

Les chercheurs comptent soumettre les participants à des tests linguistiques classiques permettant d'évaluer les capacités grammaticales, syntaxiques, lexicales (par exemple, de vocabulaire), phonétiques (tant dans la production que dans la perception des sons) et aussi d'écriture et de lecture. Ils mesureront également des facultés plus

générales comme les facultés attentionnelles, exécutives, auditives, ainsi que la capacité d'extraire les règles d'une nouvelle grammaire, la liste n'est pas exhaustive.

Que des monolingues Les chercheurs prendront soin de n'enrôler que des personnes monolingues, c'est-à-dire qui ne parlent couramment qu'une seule langue (tout en

acceptant le fait que la plupart des gens ont forcément une expérience, même limitée, dans au moins une deuxième langue). Chez les individus parfaitement bilingues, trilingues ou plus, il est considérablement plus compliqué d'isoler l'aptitude innée à apprendre une nouvelle langue de leurs compétences, améliorées par l'entraînement considérable que représente la pratique courante de plusieurs langues.

« Cela dit, on ne peut pas exclure que certains de nos monolingues soient musiciens, ce qui peut aussi créer des biais, souligne Narly Golestani. Les musiciens ont en effet une expérience auditive en moyenne plus développée que les autres, ce qui améliore certaines des aptitudes nécessaires au langage. Dans le même registre, certains monolingues manient davantage leur langue quotidiennement, pour leur travail par exemple, que d'autres, ce qui augmente aussi leur expérience dans ce domaine et peut masquer les variations interindividuelles que nous aimerions détecter. »

Les participants passeront certains de ces tests par ordinateur et d'autres allongés dans un appareil d'imagerie par résonance magnétique (IRM). L'IRM fonctionnelle permettra de visualiser quelles régions sont activées durant quelles tâches, tandis que l'IRM structurelle fournira des informations sur l'anatomie du cerveau, telles que le volume de régions bien spécifiques, l'épaisseur du cortex, la connexion entre les zones, etc.

« Nous savons déjà un certain nombre de choses dans ce domaine, note Narly Golestani. Des études assez anciennes ont par exemple montré que les individus doués dans l'apprentissage de sons utilisés dans des langues étrangères possèdent aussi une région du cortex auditif qui est plus volumineuse. Des recherches plus récentes, y compris les miennes, se sont concentrées sur des aspects particuliers du langage et leur ancrage dans le cerveau, comme la perception ou la production phonétique, des capacités syntaxiques, etc. Notre projet au sein du PRN a cela de nouveau qu'il va, pour la première fois, mesurer un grand nombre de variables différentes, toujours chez les mêmes personnes. »

Pour pouvoir tisser des liens entre ces données, qui promettent d'être très abondantes, l'équipe de chercheurs compte s'appuyer sur la puissance informatique et en particulier sur des techniques très pointues d'analyse des données, dont le *machine learning*, ou l'apprentissage automatique. C'est grâce à ces méthodes de pointe que les chercheurs espèrent faire ressortir des relations cachées entre des variables auxquelles ils n'auraient pas pensé intuitivement. Et ainsi identifier les causes possibles – et inédites, qui sait – responsables des différences interindividuelles dans les aptitudes linguistiques.

« LES MUSICIENS ONT UNE EXPÉRIENCE AUDITIVE EN MOYENNE PLUS DÉVELOPPÉE QUE LES AUTRES, CE QUI AMÉLIORE CERTAINES DES APTITUDES NÉCESSAIRES AU LANGAGE »

Les résultats de ce projet pourraient permettre le développement de nouvelles approches thérapeutiques pour soigner les personnes souffrant de troubles du langage, qu'il s'agisse de difficultés de lecture, de traitements phonologiques ou autres. Il est trop tôt pour évoquer des pistes plus précises, le projet ayant à peine démarré, mais elles pourraient ressembler à des solutions qui existent déjà dans la littérature scientifique. L'une d'elles, par exemple, cible les patients dyslexiques et vise à améliorer leur traitement défaillant des sons rapides. On leur fait entendre des sons brefs, tels que les consonnes t, p ou k, mais de manière ralentie, afin qu'ils puissent être correctement assimilés et associés aux symboles correspondants. Par la suite, on repasse les sons progressivement à la vitesse normale.

Bases de données « Bien que cette partie du travail ne fasse pas formellement partie du PRN, nous prévoyons également des collaborations avec des équipes européennes dans le but d'exploiter des bases de données similaires mais produites par des études de grande envergure menées sur des milliers de participants, ajoute Narly Golestani. Elles comprennent des résultats de nombreux tests, dont certains évaluent les capacités linguistiques comme la production de mots, l'apprentissage associatif. Ces bases de données, notamment une britannique qui s'appelle UK Biobank, contiennent aussi des informations cérébrales et même génétiques sur les participants. »

La dimension génétique du langage permettrait d'ailleurs d'identifier parmi les aptitudes – ou les lacunes – linguistiques celles qui seraient innées. Elle compléterait ainsi le tableau des causes liées à l'apprentissage, à l'expérience ou encore à la plasticité cérébrale.



LE SENS EST (AUSSI) DANS LE RYTHME

La prosodie donne du sens aux paroles. Une question, par exemple, n'a pas la même mélodie qu'une affirmation ou qu'un ordre.

L'intonation et le rythme que l'on donne à ses paroles aident aussi au traitement du langage par le cerveau. C'est à cet aspect paralinguistique que va s'intéresser le second projet (pour le premier, lire l'article principal) de Narly Golestani, professeure associée à la Section de psychologie (Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation), au sein du Pôle de recherche national (PRN) *Evolving Language*.

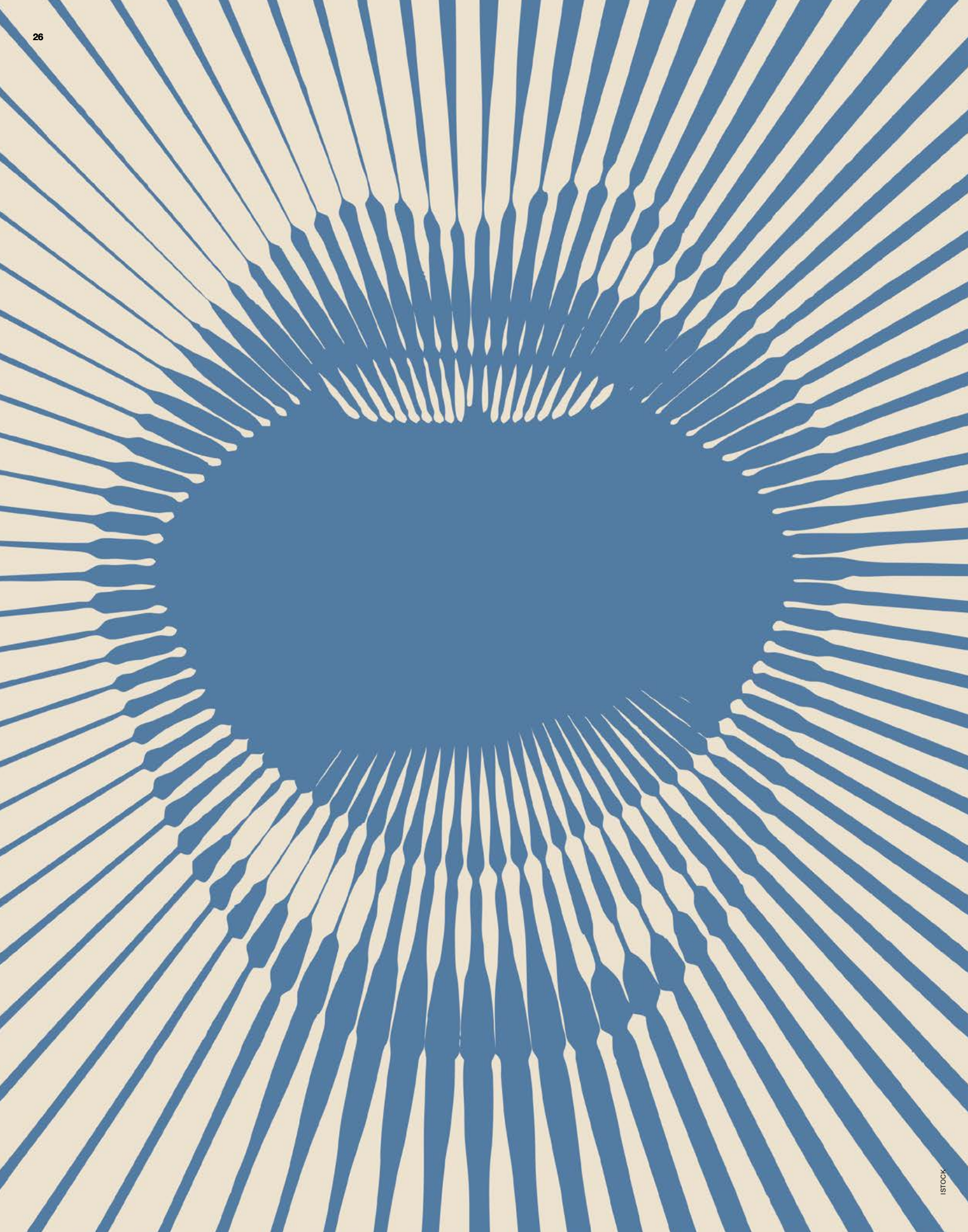
« On sait grâce aux travaux du psychologue français Jacques Mehler (décédé le 11 février dernier à l'âge de 83 ans) que les bébés,

dès la naissance, arrivent à distinguer des langues les unes des autres ou, du moins, à reconnaître celles qui n'appartiennent pas à la même classe rythmique que la langue maternelle, explique Narly Golestani. Ils y parviennent grâce à la prosodie. Les bébés perçoivent en effet la prosodie linguistique quand ils sont encore dans le ventre de la maman. Leur cortex auditif est déjà en place dans les dernières semaines de la grossesse. Ils ne distinguent pas les sons individuels, filtrés par le liquide amniotique, mais bien leur mélodie. Après la naissance, on pense que la prosodie aide à séparer le flot de paroles en mots distincts et, plus tard, à faire le lien entre ces mots et donc à donner du sens aux phrases. »

L'étude de « la prosodie au sens », que la chercheuse genevoise codirige avec Martin Meyer, professeur au Linguistik Zentrum de l'Université de Zurich, consistera à mesurer l'activité cérébrale de volontaires adultes grâce à l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf) alors qu'ils sont soumis à des phrases normales ou filtrées de manière à en cacher le sens mais pas le rythme et les intonations. Le but est de déterminer à quel point la prosodie aide à comprendre le sens du langage et comment le cerveau traite les sons qui lui parviennent dans ces différentes conditions.

Dans un deuxième volet, les chercheurs envisagent de réaliser

du « neurofeedback IRMf en temps réel ». Toujours installés dans l'IRMf, les participants seront cette fois-ci invités à activer une zone particulière du cerveau (impliquée justement dans le traitement de la prosodie), rien qu'en regardant un curseur indiquant en direct le niveau d'activité de la région en question. « Nous aimerions mesurer si cet entraînement très spécifique améliore leurs capacités dans le traitement prosodique », expose Narly Golestani. Cela pourrait s'avérer utile pour les personnes qui ont des difficultés dans ce domaine. Il existe en effet des gens, que l'on dit *aprosodiques*, qui ont plus de peine à comprendre le sens que la prosodie peut donner à la parole. »



PRODUCTION DE LANGAGE

QUAND PARLER DEVIENT UNE ROUTINE

PRONONCER UNE SYLLABE DEMANDE **UN CONTRÔLE MOTEUR D'UNE GRANDE FINESSE**. APRÈS DES ANNÉES D'ENTRAÎNEMENT, CETTE TÂCHE DEVIENT UN AUTOMATISME ET NE REQUIERT PLUS AUTANT DE RESSOURCES COGNITIVES. UN PROJET DU PRN « EVOLVING LANGUAGE » SE PENCHE SUR CETTE TRANSITION.



Marina Laganaro

Professeure associée à la Section de psychologie (Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation)

1993: Master en logopédie à l'Université de Genève

2002: Thèse de doctorat en psychologie à l'UNIGE

2008: Professeure assistante à l'Université de Neuchâtel

2014: Professeure associée à la Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation.

On estime que pour maîtriser de manière « experte » un geste moteur, il faut plusieurs milliers d'heures de pratique. Il peut s'agir du mouvement sûr d'un peintre ou d'un pianiste mais aussi un de ceux – plus banals mais non moins exigeants en précision – que l'on utilise pour parler. Les spécialistes ont calculé que durant les dix premières années de sa vie, si on admet qu'il passe l'équivalent d'une heure par jour à causer sans arrêt, un enfant articule en tout environ un million de syllabes. Ce qui correspond à prononcer 2000 fois chacune des 500 syllabes les plus communément utilisées dans la langue française. Conclusion : comme il s'agit d'une valeur moyenne, il est probable qu'il faille plus de dix ans pour que l'opération consistant à émettre les séquences de sons du langage devienne ce qu'on appelle une « routine » motrice et cognitive.

Telle est en tout cas l'hypothèse de travail d'un des deux projets de recherche du Pôle de recherche national *Evolving Language* que codirige Marina Laganaro, professeure associée à la Section de psychologie (Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation).

« Nous aimerions étudier le processus cognitif qui est à l'œuvre lorsque nous parlons, explique-t-elle. Je ne m'intéresse donc pas aux aspects linguistiques du phénomène mais seulement à la planification et à l'exécution des opérations physiques nécessaires à la production de la parole, c'est-à-dire à ce qu'on appelle les gestes de parole. Plus particulièrement, on se demande à partir de quel moment dans l'évolution et dans le développement humain, ces gestes deviennent automatiques. Autrement dit, quand résultent-ils de l'activation de routines stockées dans le cortex plutôt que d'actions motrices élaborées en direct ? »

Du muscle au neurone Longtemps, les spécialistes du langage ont pensé que l'être humain était, à l'exception de certains oiseaux et quelques exemples chez les mammifères qui se comptent sur les doigts d'une main, la seule espèce capable d'articuler distinctement des séquences de sons intelligibles. En particulier, il leur semblait que les grands singes, nos plus proches cousins du point de vue évolutif, étaient dépourvus de cette faculté.

En réalité, des recherches plus récentes ont montré que ces primates disposent d'une mécanique articulatoire suffisante pour produire les sons que nous utilisons pour parler – ou du moins une partie d'entre eux. Ce qui leur manque, par contre, c'est le contrôle cognitif assez fin des gestes moteurs de la parole. C'est ainsi que le problème s'est déplacé de l'anatomie des articulateurs (mâchoire, langue, larynx, appareil respiratoire...) vers le cerveau.

« Nous n'allons pas investiguer le singe, précise tout de suite Marina Laganaro qui collabore sur ce projet avec Volker Dellwo, professeur associé à l'Institut de linguistique computationnelle de l'Université de Zurich. Le but est d'étudier la production de la parole chez l'enfant, l'adolescent et l'adulte et de mesurer les signaux corrélés dans l'activité cérébrale à l'aide de l'électroencéphalogramme (EEG). »

Produire une syllabe exige la coordination de beaucoup de muscles – il en faut près de 200 en tout pour parler. Articuler des sons intelligibles demande donc un contrôle très fin de ces séquences motrices. Ces dernières sont devenues automatiques à l'âge adulte mais pas encore chez l'enfant de 6 ans, même s'il connaît déjà l'ensemble des sons (phonèmes) et leurs combinaisons (syllabes) les plus communs de sa langue maternelle.

ON ESTIME QUE, DURANT LES DIX PREMIÈRES ANNÉES DE SA VIE, UN ENFANT ARTICULE EN TOUT ENVIRON UN MILLION DE SYLLABES

«*Nous voulons également comparer la production de syllabes avec celle de séquences qui ne font pas partie du langage parlé (le non-speech) tels que les bruits faits par un bisou, un soupir ou un claquement de langue, explique Marina Laganaro. Ces bruits mobilisent les mêmes articulateurs que les paroles. Leur intérêt dans l'expérience réside dans le fait qu'ils ne font pas appel à des routines aussi entraînées chez les adultes que la parole et demandent un degré plus important de planification.*»
Ce domaine n'est pas une nouveauté pour Marina Laganaro. Dans un article paru en avril 2020 dans la revue *Brain and Language*, le groupe de la chercheuse genevoise a en effet montré, grâce à l'EEG, que la planification motrice des mouvements *speech* et *non speech* recrute

« NOUS AVONS DÉJÀ IMAGINÉ DES SCÉNARIOS DE RÉALITÉ VIRTUELLE TELS QU'UN MARCHÉ DANS LEQUEL ON VEND DES FRUITS EXOTIQUES AUX NOMS INCONNUS »

les mêmes réseaux de neurones mais avec des dynamiques temporelles différentes. De plus, la production de syllabes existantes dans la langue mais utilisées plus rarement recourt à une dynamique de recrutement des réseaux neuronaux intermédiaire entre le *speech* et le *non-speech*.

«*L'EEG n'est pas très performant pour délimiter spatialement des aires cérébrales actives mais nous fournit des mesures temporelles très précises, note Marina Laganaro. Dans l'expérience que nous sommes en train de mettre sur pied, nous allons nous intéresser aux processus de planification et de programmation de la production de la parole et donc aux instants précédant l'émission du premier son.*»

La chercheuse souligne enfin que cette recherche est avant tout fondamentale. Il est cependant possible que certains résultats puissent un jour avoir des retombées sur le traitement de personnes souffrant de dysarthrie ou d'apraxie de la parole, c'est-à-dire de troubles de la production de la parole apparus à la suite d'une lésion cérébrale par exemple.

Aphasie Le deuxième projet que Marina Laganaro codirige au sein du PRN avec Silvia Brem, professeure au Département de psychiatrie de l'enfant et de l'adolescent de l'Université de Zurich, concerne non pas la production de la parole mais le langage, c'est-à-dire cette faculté abstraite qui implique la planification aux divers niveaux linguistiques nécessaires pour parler (la syntaxe, le lexique, la phonologie...). Dans ce volet, la chercheuse genevoise, qui est aussi coresponsable du master en logopédie à l'UNIGE, s'intéressera plus particulièrement à la pathologie de l'aphasie acquise après une lésion cérébrale.

«*L'aphasie, c'est la perte du langage chez quelqu'un qui le maîtrisait, explique-t-elle. La personne est capable d'articuler tous les sons de la parole mais souffre de troubles du langage dont le plus fréquent est l'incapacité de trouver des mots. Beaucoup de thérapies tournent autour de ce point. Nous allons tester si les nouvelles technologies, et en particulier la réalité virtuelle, peuvent être des outils efficaces dans le traitement de l'aphasie, à savoir le réapprentissage ou la récupération de l'accès aux mots.*»

Dans un premier temps, l'étude n'enrôlera que des individus sains, représentatifs de la population générale. L'expérience consistera à enseigner aux volontaires des mots qui leur sont inconnus afin de simuler la perte subie par les personnes aphasiques. Aidés là encore par l'EEG, Marina Laganaro et ses collègues compareront le processus d'apprentissage mené dans des conditions de réalité virtuelle et dans celles d'une rééducation logopédique classique.

«*La réalité virtuelle permet de recréer des situations d'immersion, assure la chercheuse. Nous ne savons pas encore si cela se fera avec un masque sur les yeux ou à l'aide d'un avatar à l'écran. Mais nous avons déjà imaginé des scénarios comme un marché dans lequel on vend des fruits exotiques aux noms inconnus, des magasins d'instruments de musique anciens que plus personne ne connaît, des métiers avec des outils dont on a oublié l'existence, etc. Est-ce que l'apprentissage de nouveaux mots dans ces conditions est équivalent à celui mené dans une structure classique ? Faut-il le même nombre de répétitions (drills) avant que la nouvelle connaissance soit durablement imprimée dans la mémoire ?*»

PSSST...!



LA STIMULATION TRANSCRÂNIENNE DOPE L'APPRENTISSAGE. PAS CHEZ TOUT LE MONDE

La stimulation de l'activité de certaines régions du cerveau à l'aide d'un champ électrique ou magnétique extérieur n'est pas une technique nouvelle. Elle est utilisée depuis des décennies pour le diagnostic de certaines lésions neurologiques et dans la recherche médicale pour améliorer la récupération de facultés perdues (dont le langage) après un accident cérébral vasculaire, par exemple. « Le problème, c'est que ces méthodes ne fonctionnent pas avec tous les patients, explique Adrian Guggisberg, professeur associé au Département de neurosciences cliniques (Faculté de médecine). On ignore pourquoi on obtient des progrès avec certains mais pas avec d'autres. On ne sait pas non plus exactement ce qui se passe dans le cerveau lorsqu'on applique ces champs électriques ou magnétiques. Nous observons parfois des résultats paradoxaux qui rendent le processus très difficile à théoriser. En collaboration avec Marina

Laganaro, professeure associée à la Section de psychologie (Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation), nous avons donc conçu un projet expérimental, au sein du Pôle de recherche national (PRN) Evolving Language, qui devrait nous permettre d'y voir plus clair. »

La stimulation transcrânienne magnétique ne nécessite aucun contact avec la tête du patient. Le dispositif génère un champ magnétique variable assez fort pour induire dans le cerveau des courants ioniques (c'est-à-dire des courants électriques véhiculés par des ions) et activer des réseaux de neurones. En stimulant des zones cérébrales impliquées dans le contrôle moteur, il est ainsi possible de mesurer la réponse des muscles correspondants et de détecter, le cas échéant, la présence d'une pathologie neuromusculaire. Il y a une vingtaine d'années, les chercheurs se sont rendu compte qu'en appliquant des impulsions

magnétiques de moindre intensité mais à répétition, on n'active plus de muscles mais on exerce une influence sur l'activité neuronale. À un rythme d'une impulsion par seconde, on inhibe les neurones qui se situent juste sous le dispositif magnétique. À dix, on les excite. L'application de cette méthode à des fins d'apprentissage (ou de rééducation) est devenue un objectif au long cours avec des résultats toutefois mitigés.

Ni invasive ni dangereuse, la stimulation électrique passe par l'application de deux électrodes (une anode et une cathode) sur le crâne. Le contact électrique est assuré par des éponges trempées dans une solution d'eau salée. Le dispositif envoie un faible courant continu qui module le potentiel électrique de repos des neurones qu'il traverse. Sous l'anode, l'activité des cellules nerveuses est excitée, sous la cathode, elle est inhibée. La méthode est utilisée dans des traitements de récupération de

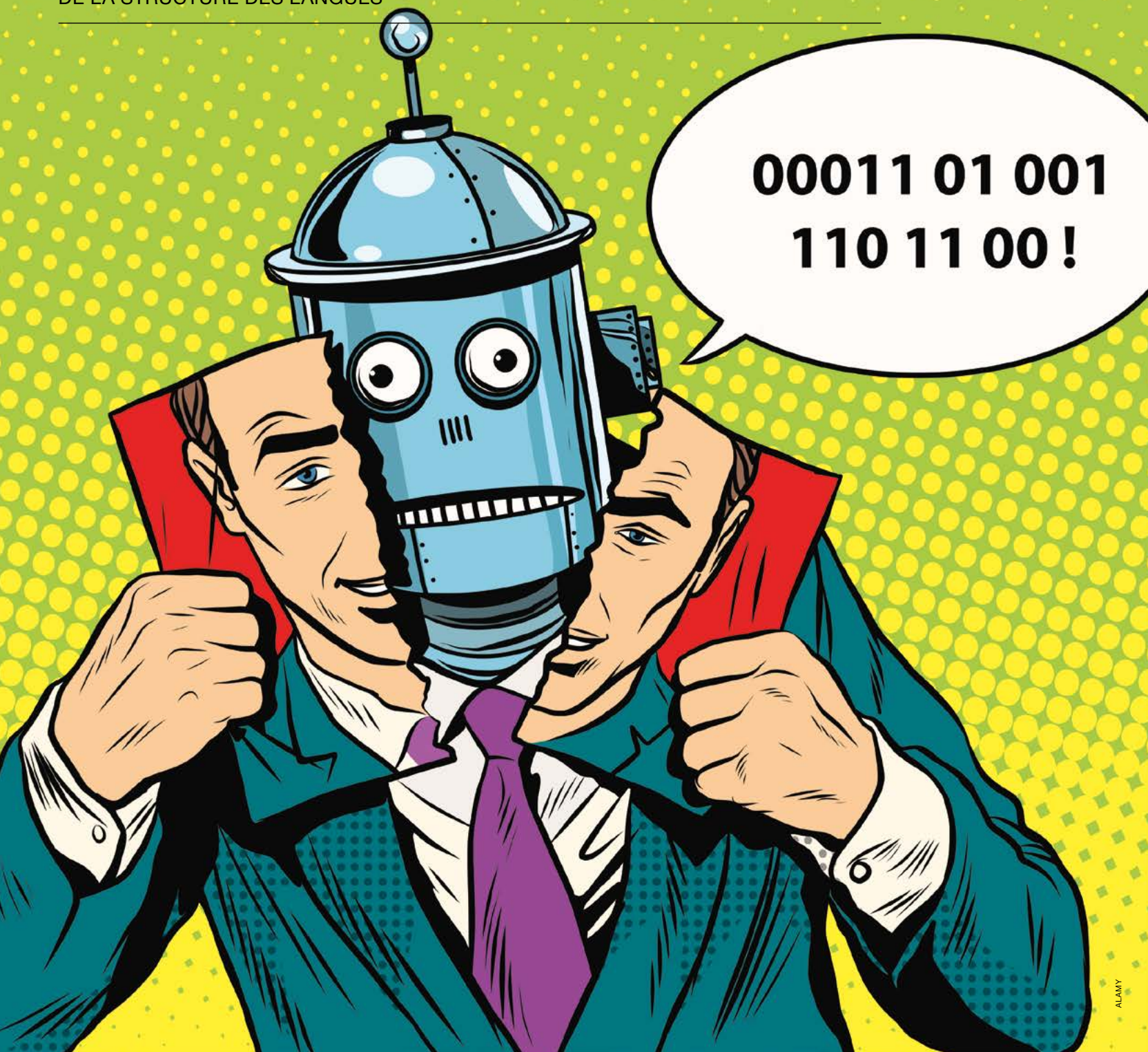
certaines facultés perdues après un AVC, dont le langage. Là aussi avec un succès limité.

« Dans un premier temps, nous allons étudier l'impact de la technique de stimulation électrique sur une vingtaine d'individus sains, explique Adrian Guggisberg. Nous allons mesurer l'activité cérébrale par imagerie médicale en même temps que l'on applique la stimulation transcrânienne. Les volontaires auront la tâche d'apprendre de nouveaux mots, des mots rares, désignant des objets anciens par exemple, que plus personne ne connaît. L'objectif consiste à mieux comprendre ce qui se passe dans le cerveau et, surtout, à identifier les personnes qui voient leurs performances augmentées. Une telle information nous permettrait, à l'avenir, de prédire quels patients seraient de bons candidats pour un tel traitement. Dans un deuxième temps, nous aimerions utiliser ces résultats sur un groupe de patients aphasiques. »

INFORMATIQUE

L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE DÉVOILE LA STRUCTURE DU LANGAGE

PAOLA MERLO DIRIGE DEUX PROJETS DE LINGUISTIQUE INFORMATIQUE AU SEIN DU PÔLE DE RECHERCHE NATIONAL « EVOLVING LANGUAGE ». ELLE FAIT APPEL À **L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE** POUR DÉCOUVRIR DES ROUAGES INTIMES DE LA STRUCTURE DES LANGUES





Paola Merlo

Professeure associée au Département de linguistique (Faculté des lettres) et directrice suppléante pour Genève du PRN «Evolving Language».

1992: Thèse de doctorat en linguistique informatique effectuée à l'Université du Maryland, aux États-Unis.

1996-1998: Associate research fellow à l'Institut de sciences cognitives de l'Université de Pennsylvanie.

2011: Professeure associée à la Faculté des lettres.

2011: Principale organisatrice de la conférence internationale «Empirical Methods in Natural Language Processing».

2013-2018: Responsable du journal *Computational Linguistics*, édité par les MIT Press.

2019: Nommée «Fellow» de l'Association for Computational Linguistics.

«**J**ean mange une pomme.» Même une phrase aussi élémentaire que celle-ci est susceptible de soulever des dizaines de questions chez un linguiste. Où est le mot qui exprime l'action, celui qui en est l'agent, celui qui la subit? Pourquoi sont-ils dans cet ordre? Comment est-ce que le sens des mots et leur agencement permettent de donner un sens à la phrase entière? Est-ce que les réponses à ces questions sont les mêmes dans toutes les langues actuelles et dans celles du passé? Trouve-t-on des propriétés linguistiques similaires dans le langage humain et celui de certains animaux? Mais qui est ce Jean?

Les réponses à ces questions n'ont en général rien d'évident. Le langage humain est en effet une construction complexe dont il est difficile d'extraire des règles universelles. Cela est sans doute dû au fait qu'il est le produit de l'intelligence humaine, elle-même un phénomène difficile à cerner tant il a été modelé par des millions d'années d'évolution. Pour tenter d'y voir plus clair, Paola Merlo, professeure associée au Département de linguistique (Faculté des lettres), et impliquée dans plusieurs projets de linguistique informatique au sein du Pôle de recherche national (PRN) *Evolving Language*, a choisi depuis plusieurs années de se faire seconder par une autre forme d'intelligence: l'intelligence artificielle.

Composition de phrases «*Notre travail porte sur la structure du langage*, précise Paola Merlo, qui est également la directrice suppléante du PRN pour Genève. *Nous voulons découvrir certaines propriétés subtiles des langues à l'aide de logiciels d'apprentissage automatique (machine learning), inspirés des réseaux de neurones. Les deux projets que je codirige se penchent sur des notions assez abstraites comme la syntaxe et la signification des mots.*»

Le premier s'intéressera à l'émergence et à l'évolution de ce que les linguistes appellent la «compositionnalité». Les langues sont en effet composées de mots qui ont chacun une signification et qui peuvent être combinés de façon à fabriquer des phrases qui ont elles aussi un sens. Cette combinaison doit obéir à un certain nombre de règles pour que cela fonctionne et que deux interlocuteurs puissent se comprendre. Il existe d'ailleurs une littérature scientifique abondante sur ce sujet.

L'équipe de Paola Merlo a notamment montré récemment que les langues ont tendance à minimiser la distance entre les mots qui sont reliés dans leur signification. Par exemple, un adjectif et le nom qu'il qualifie ne sont jamais très loin l'un de l'autre. Kristina Gulordava, jusqu'à récemment doctorante de Paola Merlo et dont la thèse lui a valu de recevoir le prix Latsis en octobre dernier, a découvert grâce à des logiciels d'apprentissage automatique que cette tendance existait dans toutes les langues et qu'elle se renforçait au cours de l'histoire. Elle est en effet moins prononcée en latin qu'elle ne l'est dans les langues romanes modernes.

Dans la même idée, Paola Merlo a réussi à extraire des propriétés linguistiques dans des phrases interrogatives ou relatives.

«*De telles propriétés ont bien dû apparaître un jour et évoluer jusqu'à l'état actuel*, explique-t-elle. *On peut trouver des exemples de compositionnalité plus simples chez les animaux (singes, suricates, oiseaux...). Ils n'ont pas de mots à proprement parler mais des sons qui sont articulés à la suite les uns des autres en fonction du message qu'ils veulent transmettre. On ignore si les primates, pour prendre cet exemple, utilisent une véritable grammaire pour leur communication. Cela reste*

à établir et c'est d'ailleurs un des objectifs du PRN. Mais la question que l'on veut poser est celle de savoir comment on est passé d'un système très linéaire, qui devait être il y a très longtemps celui de l'humain (ou de ses ancêtres), au système actuel, d'une très grande complexité, avec des contraintes de localité (la place des mots), des emboîtements multiples (comme les phrases relatives), etc.»

Laissant la partie animale du projet à Balthasar Bickel et Simon Townsend, chercheurs à l'Institut de linguistique comparée de l'Université de Zurich, Paola Merlo se chargera de modèles informatiques, en particulier ceux dont l'architecture est inspirée par les techniques d'apprentissage automatique. Ces programmes de *machine learning* sont capables de digérer de très grandes quantités de données et ont même la faculté d'apprendre de leurs propres erreurs et de s'améliorer au fur et à mesure de leur utilisation. Les premiers algorithmes de ce type ne sont pas récents. Ils ont été développés dans les années 1950, d'abord dans le domaine de la reconnaissance d'images puis, plus

LE LANGAGE EST COMPLEXE. IL EST LE PRODUIT DE L'INTELLIGENCE HUMAINE, ELLE-MÊME MODELÉE PAR DES MILLIONS D'ANNÉES D'ÉVOLUTION

tard, dans ceux de la reconnaissance vocale, de la bio-informatique, de la santé, de l'art, de la traduction, du dialogue humain-machine, etc.

Schématiquement, ces programmes comportent une entrée par laquelle ils se nourrissent d'exemples (en très grandes quantités) grâce auxquels ils pourront faire leur apprentissage. Dans le cas de la linguistique, il peut s'agir de listes interminables de vocabulaires, de phrases, de traductions, de dialogues, de commentaires, etc. La sortie, elle, est souvent une « tâche » linguistique comme une traduction, une analyse grammaticale, une prise de parole dans un dialogue. Dans les cas les plus simples, elle peut être une simple réponse binaire (vrai/faux). Par exemple, est-ce que le logiciel arrive à faire la différence entre un sujet animé (Jean) et inanimé (la pomme) dans une phrase ?

Entre les deux se trouve un certain nombre de « couches cachées » (jusqu'à 24 aujourd'hui), qui se chargent des calculs complexes, de convolutions, d'échantillonnages et d'autres opérations non linéaires. Cette partie représente une « boîte noire », invisible et inaccessible à l'utilisateur du programme. Elle a d'ailleurs donné naissance au terme d'« apprentissage profond » ou *deep learning*.

« Notre approche consiste à vérifier si de tels modèles arrivent à reproduire (ou découvrir, ce qui serait encore mieux) des propriétés de compositionnalité que l'on observe dans le langage humain, explique Paola Merlo. On aimerait également en tirer des renseignements sur la façon dont les choses auraient pu évoluer. »

L'«élément agentif» Le second projet que codirige la chercheuse genevoise se penchera sur la « signification du verbe », ou la « structure argumentale ». Les langues humaines ont tendance, par exemple, à préférer que le sujet grammatical d'une phrase soit l'« élément agentif », c'est-à-dire celui qui fait l'action et qui détermine l'accord. Dans « Jean mange une pomme », il s'agit de Jean. Cette construction – qui nous paraît évidente tant on y est habitué – a l'avantage d'être plus facile à apprendre et à mémoriser par le cerveau.

Paola Merlo vient d'ailleurs de recevoir le titre de *Fellow* de l'Association mondiale de linguistique informatique pour ses recherches pionnières sur ce sujet, à savoir le « problème fondamental de la structure prédicat-argument des verbes et l'acquisition automatique des propriétés lexicales, syntaxiques et sémantiques lexicales des verbes. »

Pour aller plus loin, l'équipe de Paola Merlo se chargera de développer des modèles informatiques permettant de révéler des propriétés du langage, aussi bien chez l'être humain que chez l'animal, qui soient impliquées dans la décomposition des événements. Les singes ont-ils des verbes, par exemple ? Mieux : des verbes de changements d'état comme fondre, brûler, etc. ?

« NOUS AIMERIONS SAVOIR QUELLES SONT LES NOTIONS PRIMITIVES QUE L'ON DOIT ÉTUDIER POUR VOIR SI LES PRIMATES ONT UNE COMPRÉHENSION SIMILAIRE À CELLE DES HUMAINS. »

« Nous aimerions savoir quelles sont les notions primitives que l'on doit étudier pour voir si les primates ont une compréhension similaire à celle des humains, précise Paola Merlo. Notre espèce dispose d'une très large palette d'outils linguistiques lui permettant de décrire les phénomènes qui l'entourent. Nous pouvons exprimer le fait qu'une action n'est pas complètement terminée, par exemple. Jusqu'à quel point est-ce le cas chez les animaux ? »

Le rôle de l'équipe genevoise consistera à étudier la partie humaine du projet et à développer des modèles capables de décrire au mieux le niveau de complexité actuel du langage en espérant qu'ils fournissent des indications utiles pour l'étude de la communication animale.

« Les systèmes de communication des animaux sont plus simples que le nôtre mais ils peuvent être plus sophistiqués qu'on ne le pense généralement, ajoute Paola Merlo. Nous avons encore beaucoup à apprendre dans ce domaine. »

ÉCRITURE INCLUSIVE

« LES GRANDES INSTITUTIONS SE DOIVENT DE MONTRER L'EXEMPLE »

L'UNIVERSITÉ S'EST DOTÉE CE PRINTEMPS **D'UNE DIRECTIVE FIXANT LES PRINCIPES DE L'ÉCRITURE INCLUSIVE** AU SEIN DE L'INSTITUTION. UNE MESURE JUSTIFIÉE SUR LE PLAN SCIENTIFIQUE MAIS QUI DEMANDE UN PEU DE SAVOIR-FAIRE ET DE CRÉATIVITÉ.

Archive ouverte N°124219

Le 26 octobre 2017, l'Académie française annonçait dans une déclaration solennelle l'imminence d'un « péril mortel ». Une terrible menace incarnée non pas par un virus grippal contagieux à l'extrême mais par la diffusion d'une « écriture inclusive » qui, érigée en norme, condamnerait irrémédiablement la langue de Molière à devenir non seulement illisible mais aussi impossible à enseigner. Faisant fi de ce sinistre présage, l'Université de Genève a décidé en mars dernier de se doter d'une directive fixant les règles à adopter en matière de rédaction non sexiste dans l'ensemble de ses communications officielles. Une démarche déjà adoptée au niveau fédéral ainsi que par plusieurs cantons dont celui de Genève et que Daniel Elmiger, professeur associé au Département de langue et littérature allemandes (Faculté des lettres) et à l'Institut universitaire de formation des enseignant-es (IUFE), estime parfaitement légitime sur le plan scientifique, même si sa mise en œuvre nécessite un peu de savoir-faire et de créativité. Entretien.

Campus : Que faut-il entendre par « langage inclusif » ou « non sexiste » ?

Daniel Elmiger : En théorie, l'idée est assez simple, puisqu'il s'agit d'éviter toute discrimination par le langage ou l'écriture à travers le choix des mots, l'usage de la syntaxe, de la grammaire ou de la typographie. Dans les faits, pourtant, les choses ne sont pas toujours si évidentes.

Pourquoi ?

La Loi fédérale sur les langues nationales et la compréhension entre les communautés linguistiques, qui est entrée en vigueur en 2010, ne donne pas de définition claire de ce qu'il faut entendre par « écriture non sexiste ». L'alinéa 2 mentionne toutefois des « outils », qui désignent sans doute les guides publiés par les différentes sections linguistiques de la Chancellerie fédérale. À cela s'ajoutent les nombreuses recommandations émises au niveau cantonal.

L'an dernier, vous avez publié un article qui mettait en évidence la pluralité des discours et des pratiques en Suisse en matière de langage inclusif. Quels en sont les principaux résultats ?

L'objectif de cette étude était de décrire non seulement le langage administratif et les diverses injonctions institutionnelles en matière d'écriture non sexiste, mais aussi la manière dont celles-ci étaient évaluées et mises en pratique dans un cadre plurilingue. Il en ressort que, dans la partie germanophone du pays, les recommandations fédérales ont été suivies dans une large mesure et selon une approche systématique tandis qu'en Suisse romande, l'attitude est à la fois plus pragmatique et plus diversifiée.

C'est-à-dire ?

Alors qu'en Suisse alémanique, le guide linguistique publié par la Chancellerie fédérale fonctionne comme un ouvrage de référence, son équivalent romand est rarement considéré comme un modèle à suivre, au motif que les solutions proposées n'iraient pas assez loin et ne seraient pas utiles dans le travail rédactionnel quotidien. Nous avons également constaté qu'en allemand, l'ordre féminin-masculin (par exemple Madame, Monsieur) est presque huit fois

plus élevé que l'ordre masculin-féminin (par exemple Monsieur, Madame), alors qu'en français le nombre des occurrences est presque identique pour les deux types de formulation. De manière plus globale, nos travaux révèlent aussi une augmentation significative de l'emploi de termes permettant de neutraliser le genre et qui ne nécessitent aucun changement d'ordre graphique comme « personne » ou « spécialiste ».

Dans un tel contexte, comment avez-vous accueilli la directive publiée ce printemps par l'Université ?

Je l'attendais depuis longtemps. Au sein de l'espace germanophone, l'immense majorité des institutions académiques

« IL S'AGIT DONC DE PARVENIR À UN DOSAGE ÉQUILIBRÉ DE DIFFÉRENTS ARÔMES. C'EST CE QU'ON APPELLE LA SOLUTION CRÉATIVE »



Daniel Elmiger

Professeur associé au Département de langue et littérature allemandes (Faculté des lettres) et à l'Institut universitaire de formation des enseignants

1970: Naissance à Lucerne.

1997: Licence en linguistique française à l'Université de Neuchâtel.

2006: Thèse de doctorat sur la féminisation de la langue en français et en allemand.

2018: Professeur associé à l'Université de Genève.

se sont dotées de ce genre d'outils depuis belle lurette. Il était temps que l'Université de Genève se mette au diapason. À mon sens, les grandes institutions publiques se doivent en effet de montrer l'exemple et, ce faisant, de contribuer à faire évoluer les normes.

Vous travaillez sur le sujet depuis une trentaine d'années. Qu'est-ce qui a changé depuis les années 1990?

Même s'il existe encore des résistances qui s'expriment parfois de façon ouverte, parfois de façon passive, l'acceptation sociale me semble plus grande qu'auparavant dans ce domaine. Collectivement, la société me semble aujourd'hui plus ouverte à l'idée que le langage façonne le réel ainsi que nos représentations. Par ailleurs, le débat s'est un peu déplacé. Dans la thèse que j'ai soutenue il y a quinze ans déjà, j'avais pu montrer qu'au niveau des étiquettes individuelles (madame la ministre ou madame la juge), plus la forme était connue, mieux elle était acceptée. Il y a donc un effet d'habitude et d'éducation. Aujourd'hui, la question ne se pose plus. Il est acquis que la boulangère n'est plus uniquement la femme du boulanger.

L'influence du langage sur les rapports de genre est-elle avérée scientifiquement?

Il existe de nombreuses études qui vont dans ce sens. Pascal Mark Gygax, qui est professeur de psychologie à l'Université de Fribourg, a, par exemple, mené plusieurs recherches expérimentales qui attestent de l'impact positif des formes dites inclusives sur la construction identitaire des enfants et les perceptions des chances de succès des femmes dans la société. Dans ces travaux, il n'existe pratiquement aucune controverse sur l'effet de l'utilisation du masculin comme valeur par défaut: cet usage contraint indéniablement notre cerveau à voir le monde au travers d'un prisme androcentrique, c'est-à-dire considérant les hommes comme majoritaires et constituant une norme inéluctable. Pascal Mark Gygax a par ailleurs pu montrer que les représentations liées au genre se font de manière presque automatique dans notre cerveau et qu'en cas d'ambiguïté celui-ci tranche généralement pour le masculin sans que cela soit forcément conscient.

En pratique, qu'elle est la meilleure façon d'éviter ce type de pièges?

Cela fait maintenant près de trente ans que je pratique l'écriture non sexiste. Je possède près d'un millier de guides sur le sujet dans ma bibliothèque et j'en suis arrivé à la conclusion qu'il n'existe pas de méthode toute faite. L'utilisation des doublets (étudiantes et étudiants) est la mesure qui a le plus d'impact, mais utilisée de façon systématique, elle a tendance à alourdir le propos. Il s'agit donc de parvenir à un dosage équilibré de différents arômes en utilisant tantôt des doublets, tantôt des reformulations

permettant d'éviter les mentions qui posent problème, tantôt des formulations neutres ou collectives. C'est ce qu'on appelle la « solution créative ».

L'exercice a-t-il ses limites?

Cela devient très compliqué dans le cas d'un texte déjà écrit et qu'il faut retravailler ou pour une traduction, parce que dans les deux situations, la liberté de la personne qui rédige le texte est passablement réduite. Il est également difficile de parvenir à un résultat satisfaisant sans un minimum d'adhésion et de créativité.

Certaines associations réclament l'introduction d'un pronom neutre, comme cela a été fait en Suède. Cela vous semble-t-il pertinent?

Cette innovation a effectivement été adoptée assez largement en Suède, mais il faut préciser que le suédois est une langue dont les structures se prêtent bien à ce genre d'évolution. Dans le cas du français, la difficulté, c'est que le genre est aussi déterminé par les autres mots qui entourent le pronom. Et là, ça se complique. Le pronom, type « iel », ne sert à rien tout seul. Soit on bricole avec ce dont on dispose actuellement, soit il faut refonder intégralement la grammaire, ce à quoi certains milieux militants travaillent d'ailleurs actuellement.

La littérature semble pour l'heure échapper à ce mouvement. Pour bien faire, faudrait-il réécrire Molière en langage épïcène?

Au-delà de la beauté de l'exercice, cela n'a aucun sens à mes yeux. Les œuvres de Molière s'inscrivent dans une époque qui n'est pas la nôtre et à laquelle les rapports sociaux n'étaient pas ce qu'ils sont aujourd'hui. Ce qui me semble en revanche important, c'est de remettre ces œuvres en contexte en expliquant pourquoi la langue utilisée ne reflète pas les exigences du langage inclusif. Cela dit, il est vrai que dans le discours journalistique ou littéraire, le langage inclusif a encore peu de place. Dès lors, on peut se demander si les autorités au sens large – et notamment les autorités universitaires – n'ont pas un devoir de bien faire que d'autres n'ont pas. Et, dans un sens, cela me semble assez juste dans la mesure où on ne peut raisonnablement pas avoir les mêmes exigences envers le domaine artistique qu'envers ce qui relève d'une communication officielle ou institutionnelle.

Dans quelle mesure faut-il faire du langage non sexiste une priorité?

La question fait débat, notamment parce qu'il est très difficile de quantifier l'effet de ces mesures de manière précise. Mais c'est un moyen de montrer qu'il y a de l'attention autour du sujet même si le but ultime reste bien sûr de parvenir à une réelle égalité en matière de salaires et de droits.

**<< CENT FEMMES
ET UN CHIEN
SONT REVENUS
CONTENTS DE
LA PLAGE. >>**

**BENOÎTE GROULT (1920-2016),
ÉCRIVAIN FÉMINISTE**



LES CINQ CLÉS DU LANGAGE INCLUSIF

Adoptée à l'occasion de la Semaine de l'égalité 2020, la nouvelle directive de l'UNIGE sur l'écriture inclusive traduit la volonté de s'exprimer et de rédiger en s'adressant d'emblée à un public mixte et en tenant compte de la diversité. Elle repose sur cinq principes de base qui peuvent être combinés afin de produire des textes intelligibles et fluides.

- Réintroduire systématiquement le féminin des noms de métier, titres et fonctions. Pour cela, ajouter une terminaison féminine

au radical du mot. Par exemple : rectrice, professeure, auteure, chercheuse, doyenne.

- Utiliser des mots englobants permettant d'inclure toutes les personnes. Par exemple : la classe, le groupe, l'équipe de recherche, la direction, le corps professoral, étudiantin, administratif et technique, le personnel enseignant, les membres du Rectorat.

- Utiliser l'infinitif. Par exemple : être titulaire d'un doctorat, être capable de travailler en équipe.

- Pratiquer la double flexion (doublet) en respectant l'ordre alphabétique et en adoptant l'accord de proximité (accord au plus proche), ce qui permet d'alterner dans un texte les accords au masculin ou au féminin. Par exemple : les vice-recteurs et les vice-rectrices sont nombreuses, les doyennes et doyens sont satisfaits.

- Opter pour la forme contractée avec le trait d'union. Utiliser la barre oblique quand la terminaison

du mot le requiert et seulement lorsque le doublet n'est pas possible. Par exemple : professeur-e, étudiant-e ou collaborateur/trice, administrateur/trice, chercheurs/euses, huissier/ère.

- À noter qu'afin de rendre un texte encore plus inclusif, il est possible d'ajouter un « x » comme marque de rupture avec la binarité de la langue. Par exemple : les étudiant-e-x-s, les professeur-e-x-s.

www.unige.ch/rectorat/egalite/ancrage/epicene

« DANS LA LUTTE CONTRE LE RÉCHAUFFEMENT, CHAQUE ANNÉE COMPTE »

SPÉCIALISTE MONDIALEMENT RECONNUE DES SCIENCES DU CLIMAT, **VALÉRIE MASSON-DELMOTTE** A PROFITÉ DE LA LEÇON D'OUVERTURE DE PRINTEMPS DE L'UNIGE POUR VULGARISER LE CONTENU PARFOIS ARIDE DES RAPPORTS D'EXPERTS INTERNATIONAUX SUR LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES. INTERVIEW.

La leçon d'ouverture de printemps de l'Université de Genève a été donnée par Valérie Masson-Delmotte, coprésidente depuis 2015 du groupe n° 1 du GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat). Lors de sa conférence intitulée « Changement climatique : à quoi faut-il s'attendre ? » la spécialiste du climat a tenté d'éclairer le public sur le contenu souvent technique des rapports de son institution.

Campus : Qu'est-ce qui illustre le mieux la rupture causée par l'humanité dans l'histoire du climat mondial ?

Valérie Masson-Delmotte : L'évolution sur 2000 ans de la teneur dans l'atmosphère des gaz à effet de serre est spectaculaire. Une synthèse en a été publiée en 2017 dans la revue *Geoscientific Model Development*, basée sur l'analyse de toutes les carottes de glace prélevées à ce jour en Antarctique et dont les premières remontent aux années 1980. À partir de la Révolution industrielle, les taux de dioxyde de carbone (CO₂), de méthane (CH₄), et d'oxyde nitreux (N₂O) dans l'air augmentent de manière très nette par rapport aux valeurs moyennes des siècles et millénaires précédents. C'est une véritable rupture par rapport aux variations naturelles passées. L'ensemble des analyses confirme l'impact croissant des activités humaines (l'utilisation d'énergies fossiles, l'agriculture, l'industrie...) sur la composition de l'atmosphère.

La hausse de la teneur des gaz à effet de serre dans l'atmosphère conduit-elle inévitablement à un réchauffement climatique ?

Oui. Les gaz à effet de serre empêchent une partie du rayonnement infrarouge émis par

la surface de la Terre et les basses couches de l'atmosphère de s'échapper vers l'espace. Cela crée un déséquilibre dans le bilan énergétique de la planète conduisant à une accumulation « anormale » de chaleur. Celle-ci se manifeste par le réchauffement de l'océan, de l'air au-dessus des continents et des sols ainsi qu'un dégel.

De combien la planète s'est-elle réchauffée ?

La température moyenne à la surface de la Terre est montée d'environ 1°C depuis les années 1850-1900. Le réchauffement est plus prononcé au-dessus des terres émergées (1,5°C en Europe) qu'au-dessus des océans.

Quelle part de ce réchauffement est due aux activités humaines ?

En l'état des connaissances et avec une incertitude réduite à 20%, l'intégralité du réchauffement de la planète est due aux activités humaines et à l'augmentation de la concentration atmosphérique en gaz à effet de serre. Ce phénomène est en partie masqué par l'effet parasol des particules de pollution. C'est un constat scientifique clairement établi et qui ne fait que se renforcer année après année. Mais quand j'interroge des décideurs sur ce point, beaucoup pensent que le rôle des activités humaines est de l'ordre de 20 à 50%. Nous avons encore du mal à transmettre ce résultat au grand public aussi clairement que la communauté scientifique le comprend.

N'y a-t-il pas d'autres facteurs qui influencent le climat ?

Si. Les variations de la trajectoire de la Terre par rapport au Soleil et de son axe d'inclinaison ont été le moteur des grandes variations

glaciaires-interglaciaires à l'échelle de milliers d'années ou davantage. Au cours des derniers siècles, les petites variations de l'activité du Soleil et les éruptions volcaniques ont aussi eu des effets régionaux et globaux sur le climat. Tous ces facteurs naturels ont eu un léger effet net refroidissant depuis la seconde moitié du XX^e siècle.

D'où viennent les connaissances scientifiques sur le climat ?

Nos connaissances reposent sur des réseaux d'observation très développés sur Terre et depuis l'espace, sur une meilleure compréhension des processus ainsi que sur des outils de modélisation théorique et numérique plus complexes. Par ailleurs, toutes les disciplines scientifiques contribuent à l'évaluation non seulement des impacts associés au réchauffement global mais aussi des options d'action pour maîtriser l'évolution du climat (en réduisant les émissions de gaz à effet de serre) et pour gérer les risques (par des stratégies d'adaptation). Chaque année dans le monde, 20000 articles traitant du changement climatique paraissent dans les journaux scientifiques à comité de lecture.

Comment pouvez-vous assimiler une telle quantité d'informations ?

Aucun chercheur n'en est capable à lui tout seul. Il faut lire toute cette littérature, évaluer la robustesse et la cohérence des éléments nouveaux, identifier les connaissances qui ont résisté à l'examen critique et celles qui émergent mais qui sont potentiellement importantes pour la société. Cela demande aussi d'analyser les éléments de connaissances incomplets ou contradictoires qui suscitent des controverses scientifiques et d'identifier les limites de nos connaissances.

Bio express

1971 : Naissance à Nancy.

1996 : Diplôme de l'École centrale à Paris.

2007 : Participation à la rédaction du 4^e rapport du GIEC.

2008 : Directrice de recherche au Commissariat à l'énergie atomique (CEA).

2013 : Participation à la rédaction du 5^e rapport du GIEC.

2015 : Coprésidente du groupe n°1 du GIEC.

2018 : Membre du Haut Conseil pour le climat créé par le gouvernement français.



LES CALOTTES GLACIAIRES

Selon le GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat), si la température moyenne globale augmente de 1,5°C par rapport aux années 1960, alors le monde risque de dépasser des points de non-retour. Autrement dit, des seuils au-delà desquels il est impossible d'éviter certaines conséquences, même si les températures sont abaissées par la suite. L'effondrement des calottes glaciaires du Groenland et de l'Antarctique est un exemple d'un tel point de non-retour.



Un tel travail est forcément collectif et c'est précisément la tâche du GIEC.

Le GIEC est parfois décrié comme étant une entité bureaucratique, véhiculant une pensée unique et soumise aux États. Qu'en pensez-vous?

Le GIEC (installé dans les locaux de l'Organisation météorologique mondiale à Genève) n'est pas une grande structure. Le plus gros du travail repose sur le volontariat des centaines d'auteurs et des milliers de relecteurs de ses rapports. Il s'agit de spécialistes issus de différentes disciplines, expériences et régions du monde. Deux tiers des auteures et des auteurs sont nouveaux pour chaque rapport produit afin de minimiser les biais collectifs et la subjectivité. Elles et ils passent en revue l'état des connaissances, et toutes leurs conclusions sont exprimées avec un degré de confiance et sont liées aux articles scientifiques qui ont servi à les formuler. Chaque évaluation passe par des étapes de relecture par les milliers de chercheurs de la communauté scientifique ainsi que par des spécialistes mandatés par les gouvernements. Les conclusions font ensuite l'objet d'un résumé pour les instances de décision. Celui-ci est approuvé mot par mot et phrase par phrase lors d'une session plénière réunissant les délégués et les déléguées de tous les pays du monde. Cette dernière phase d'approbation permet aux scientifiques (qui conservent le dernier mot) d'améliorer la clarté de leur

formulation et d'éviter les ambiguïtés. Cette procédure permet de séparer clairement ce socle scientifique commun, reconnu par tous les pays, des négociations politiques internationales.

Vous avez participé à la publication en 2018 du rapport intermédiaire «réchauffement planétaire de 1,5°C». De quoi s'agit-il?

L'objectif principal de l'Accord de Paris sur le climat de 2015 (contenir le réchauffement global «largement en dessous de 2°C») était considéré par certains pays vulnérables (à l'instar des petits États insulaires en développement) comme insuffisamment protecteur. Le GIEC a alors été chargé d'évaluer ce qu'une limitation du réchauffement à 1,5°C permettrait d'éviter en matière d'impacts et de risques par rapport à un niveau de réchauffement proche de 2°C et ce que cela impliquerait en termes de réduction des gaz à effet de serre. Cela a donné lieu à trois rapports spéciaux (celui sur le réchauffement de 1,5°C et deux autres portant sur l'utilisation des terres et sur l'océan et la cryosphère).

À quoi ressemblerait un monde à 1,5 ou 2°C plus chaud?

C'est un monde où la tendance actuelle se poursuit. Les événements météorologiques chauds deviendront plus fréquents, les événements froids plus rares. Un climat plus doux entraînera des conditions plus humides dans les régions froides mais plus sèches dans les

régions de climat méditerranéen. Les événements extrêmes, comme les pluies torrentielles, s'intensifieront. Le signal le plus frappant, c'est l'augmentation du nombre de jours très chauds par année. Ces vagues de chaleur provoquent des chutes dans certains rendements agricoles et la dégradation des récifs de coraux tropicaux. Entre 70 et 90% de ces derniers seraient sévèrement dégradés si le réchauffement global atteignait 1,5°C. La proportion s'approche de 100% pour 2°C. On assistera aussi à des diminutions de la productivité du bétail, particulièrement sous les tropiques. Dans certaines de ces régions, on peut aussi atteindre des limites physiologiques humaines (pour le travail physique en extérieur) avec des conditions très chaudes et très humides. Du côté de l'Arctique, la banquise continuera à se contracter. Dans un monde 1,5°C plus chaud, elle disparaîtrait totalement à la fin de l'été une année sur 100. À 2°C, ce serait une année sur 10, voire sur 3. En ce qui concerne les écosystèmes terrestres, on estime que le nombre d'espèces de plantes ou d'animaux exposées à des risques de perte d'habitat, de baisse de population voire d'extinction, doublera entre un monde 1,5°C et 2°C plus chaud.

Quand atteindrons-nous un réchauffement de 1,5°C?

Au rythme actuel de réchauffement (environ 0,2°C de plus par décennie), on atteindrait un réchauffement moyen de 1,5°C entre 2030



et 2050. Même en tenant les promesses faites lors de l'Accord de Paris sur le climat en 2015, les émissions mondiales de gaz à effet de serre continueraient à augmenter et le réchauffement atteindrait environ 3 °C d'ici à 2100.

Comment éviter cela ?

Pour parvenir à limiter le réchauffement à 2 °C d'ici à 2100, il faudrait une baisse de 25 % des émissions de CO₂ entre 2020 et 2030 (de 50 % pour 1,5 °C) et atteindre la neutralité carbone d'ici à 2070 (d'ici à 2050 pour 1,5 °C). Cela illustre à quel point, en matière d'action visant à contenir le réchauffement, chaque année compte.

Peut-on opérer une transition aussi rapide ?

Atteindre la neutralité carbone d'ici à 2050 demanderait des transitions à l'échelle planétaire d'une rapidité sans précédent. Il faudrait transformer les systèmes de production pour les rendre résilients aux conséquences du changement climatique et permettre une baisse massive des émissions de gaz à effet de serre. Cela demanderait de décarboner massivement la production d'électricité (le photovoltaïque et l'éolien offshore sont particulièrement prometteurs) et électrifier les usages finaux de l'énergie. Il faudrait aussi transformer l'utilisation des terres (responsable de 23 % des émissions de gaz à effet de serre) et y renforcer la capacité à stocker du carbone (grâce à des pratiques agricoles

adaptées, à la restauration des terres et des écosystèmes dégradés, au boisement, etc.). Il serait tout aussi indispensable de repenser les villes et d'y favoriser l'efficacité énergétique et l'économie circulaire. Il faudrait aussi promouvoir toutes les options alternatives aux véhicules à moteur thermique et mettre en place les infrastructures nécessaires à toutes ces transformations.

Sacré programme...

Ce n'est pas tout. Pour contenir le réchauffement à un niveau aussi proche de l'actuel (1,5 °C), il faut aussi agir sur la demande en

« DANS UN MONDE 1,5 °C PLUS CHAUD, LA BANQUISE DISPARAÎTRAIT À LA FIN DE L'ÉTÉ UNE ANNÉE SUR 100. À 2 °C, CE SERAIT UNE ANNÉE SUR 10 »

énergie, en matériaux non renouvelables et sur la demande alimentaire pour éviter l'inflation de systèmes de production beaucoup plus lents à transformer. Notre rapport évalue, pour chaque choix visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre, les potentiels d'action, les limites, les coûts, mais aussi les bénéfices ou effets indésirables dans les autres dimensions du développement soutenable. Les régimes alimentaires nutritifs et sains permettent par exemple de diminuer son empreinte environnementale tout en prenant soin de sa santé. Augmenter le coût des énergies fossiles est une mesure plus délicate à mettre en œuvre sans compensation ni redistribution car elle peut augmenter la précarité énergétique ou exacerber le sentiment d'injustice sociale, comme l'a montré le mouvement des gilets jaunes en France. Notre rapport souligne toutefois qu'il est possible, dans chaque contexte, de construire intelligemment un ensemble de mesures, avec des compensations si nécessaire, qui permettent de s'adapter au changement climatique, renforcer la résilience de nos

sociétés et de réduire les émissions de gaz à effet de serre, tout en atteignant les objectifs du développement durable.

Le confinement lié à l'épidémie de Covid-19 a fait baisser les émissions de gaz à effet de serre. Qu'en pensez-vous ?

Les estimations actuelles font en effet état d'une diminution mondiale des émissions de CO₂ de l'ordre de 5 à 10 % d'ici à la fin de l'année, en fonction de la durée du confinement et des impacts socio-économiques. Ce sera probablement la baisse des émissions de CO₂ la

plus importante des dernières décennies, bien davantage que celle consécutive à la crise économique de 2008. Les émissions de 2020 pourraient se retrouver au même niveau qu'en 2010. Il ne faut pas en attendre un impact significatif sur la composition de l'atmosphère ou sur l'évolution du climat, compte tenu de la quantité de CO₂ déjà accumulée dans l'atmosphère. Le problème, c'est que quand on arrêtera le confinement, le transport, la consommation et l'industrie repartiront comme avant, avec les mêmes systèmes de

production. Si l'on n'opère pas de changements structurels, on vivra peut-être même un effet rebond lié par exemple à une consommation plus importante après une période de privation forcée. Les plans de relance pourraient même favoriser la pollution, comme cela s'est produit après la crise de 2008. De plus, le confinement lié à la crise actuelle exacerbe les inégalités et met également en évidence les fragilités de nos sociétés. Un appauvrissement brutal limite aussi la capacité à investir et transformer. Autrement dit, il n'y a aucune analogie possible entre des privations de liberté brutales subies pour gérer la crise sanitaire liée à la pandémie de Covid-19 (et les éventuels bénéfices environnementaux provisoires qui lui sont consécutifs) et le fait de construire une transformation graduelle, choisie et désirable des modes de production et des choix de consommation de notre société.

Propos recueillis par Anton Vos

Écouter toute la conférence :

<https://mediaserver.unige.ch/play/125954>

Lire le rapport « réchauffement planétaire de 1,5 °C »

www.ipcc.ch/sr15



SOUS LES EAUX DE YEUMBEUL

GRÂCE À UNE MÉTHODE INNOVANTE ALLIANT DÉMARCHE PARTICIPATIVE ET SCIENCES DURES, BOCAR SY EST PARVENU À RECONSTITUER LA CHAÎNE D'ÉVÉNEMENTS RESPONSABLES DE TROIS INONDATIONS SURVENUES ENTRE 2005 ET 2012 À DAKAR. UNE AVANCÉE QUI DEVRAIT PROFITER AUX **STRATÉGIES DE PRÉVENTION DES RISQUES** DANS LA RÉGION ET AU-DELÀ.

Archive ouverte n° [126388](#)

En Afrique de l'Ouest, la sécheresse, conjuguée à la pandémie de Covid-19 et à l'insécurité qui règne dans la région, menace aujourd'hui de famine près de 50 millions de personnes. Demain, ces mêmes populations devront sans doute faire face à un autre fléau tout aussi dévastateur, lié non pas au manque d'eau mais à son excès soudain. Au Sénégal qui, avec le Burkina Faso, est le plus exposé à ce danger, des régions entières se trouvent en effet submergées une année sur deux en moyenne, tendance qui semble s'accélérer au fil du temps. La faute au dérèglement climatique, sans doute, mais aussi à une intensification des activités humaines se traduisant notamment par une urbanisation galopante. Face à cette situation critique, les mesures prises jusqu'ici par les autorités (aménagement de bassins de rétention, construction de canalisations ou d'installations de pompage, déplacement de certains habitants...) restent sans effet, ou presque, en partie parce que les informations permettant de comprendre les processus à l'origine de ces crues et de déterminer leur ampleur réelle font largement défaut. Comblers cette lacune en associant démarche participative et méthodes propres aux

sciences dites « dures », c'est l'objectif que s'est fixé Bocar Sy dans le cadre de sa thèse de doctorat. Un travail mené dans les murs du Département des sciences de la Terre (Faculté des sciences) et soutenu avec succès à l'été 2019 avant d'être repris sous forme d'article au mois de février sur le blog de l'Union européenne des géosciences.

Remonter à la source « *Dans mon pays, explique le jeune chercheur né à Dakar et formé à Genève, il n'y a pas beaucoup de stations pluviométriques. Les cartes d'occupation des sols ne sont pas à jour et la disponibilité des images satellites est réduite, notamment à cause de la couverture nuageuse. Il est donc très difficile de reconstituer les événements passés. Or, ces données sont essentielles pour bâtir une stratégie de prévention des risques liés aux inondations qui soit cohérente. Mon idée consistait donc à aller rechercher ces informations manquantes à la source, auprès des populations qui sont directement concernées parce qu'elles en subissent régulièrement les conséquences.* »

Pour mener à bien cette mission, Bocar Sy, appuyé notamment par son directeur de thèse Hy Dao, professeur au Département de géographie et environnement (Faculté des sciences



Dans les rues inondées
d'un quartier de Dakar,
Sénégal, novembre 2010.

de la société), David Consuegra, chargé d'enseignement au Département des sciences de la Terre (Faculté des sciences) et professeur à la Haute École d'ingénierie et de gestion du canton de Vaud, Corine Frischknecht, chercheuse au Département des sciences de la Terre (Faculté des sciences), et Gregory Giuliani, chercheur à l'Institut des sciences de l'environnement, a choisi de porter son attention sur un autre quartier de la banlieue dakaroise que celui qui l'a vu naître. « Un des enjeux du projet était d'obtenir l'adhésion des habitants, complète le scientifique. Si j'avais mené cette enquête là où les gens me connaissent, cela aurait complètement faussé l'exercice. »

Préparer le terrain C'est donc sur Yeumbeul Nord, un quartier d'une superficie de 9 km², fortement urbanisé et sévèrement touché par les inondations, que Bocar Sy a finalement jeté son dévolu pour trois campagnes de recherche menées entre 2015 et 2017.

La première a permis de préparer le terrain. Facebook étant l'un des médias sociaux les plus utilisés à Yeumbeul au moment de l'étude, le chercheur a d'abord créé une page pour interagir avec les citoyens locaux et les motiver à participer au projet. Il s'est ensuite efforcé de présenter les choses de manière à convaincre la population que sa contribution serait bénéfique tant pour eux que pour leurs voisins. Enfin, il a pris contact avec les chefs de communauté et les associations locales en vue d'assurer une meilleure acceptation de l'initiative, leur offrant au passage quelques cartes géographiques.

Ces démarches préliminaires ont abouti à la constitution de deux groupes. Le premier réunissait les 82 chefs de district que compte le quartier. Choisis par la population et jouissant donc d'un certain prestige social, ces individus représentent l'administration municipale et constituent le premier recours des habitants en cas de difficulté. Par ailleurs, en tant que témoins et parfois victimes de ces événements, ils se trouvaient en première ligne sur les lieux de l'inondation, ce qui en fait une source d'information précieuse sur le déroulement des faits. Dans le second groupe se trouvaient 182 personnes, à raison de deux ou trois par district, qui ont été directement désignées par les associations locales.

Après avoir déterminé les zones du quartier les plus sensibles aux inondations en utilisant les données fournies par la télédétection et une série d'indicateurs tels que l'intensité pluviométrique, la pente, le type de sols, la densité de population ou la position de la nappe phréatique, il a été demandé aux participants de focaliser leurs souvenirs sur trois épisodes marqués par de graves inondations, celui de 2005, celui de 2009 et celui de 2012.

Enquête policière Les chefs de quartier ont été interrogés de manière individuelle, chez eux et dans leur langue maternelle (le wolof) selon une méthode inspirée par les enquêtes policières. « Comme certains de ces événements remontent assez loin dans le temps, il fallait utiliser une stratégie permettant de raviver au mieux les souvenirs tout en récoltant un maximum d'informations, explique



Yeumbeul Nord

Yeumbeul Nord est l'une des 16 communes d'arrondissement de Pikine (Sénégal), à l'est de Dakar. Comme Yeumbeul Sud, elle fait partie de l'arrondissement des Niayes et a été créée en 1996.

Population :
170 000 habitants en 2013.

Superficie : Environ
9 km².

Densité : 12 554 hab./km².



Bocar Sy. *Par rapport à d'autres formes d'interrogatoire, la technique que j'ai utilisée a l'avantage de permettre au «témoin» de jouer un rôle actif et de s'exprimer librement sans être influencé ou interrompu par des questions qui pourraient fausser la mémoire. La seule consigne qu'il a reçue était donc de décrire en détail tous les éléments susceptibles d'être en rapport avec l'inondation comme les processus qui ont accompagné l'inondation (par exemple, la rupture d'un tuyau d'évacuation d'eau, les obstacles artificiels); les événements politiques ou publics importants qui pourraient servir d'indicateurs temporels (par exemple, la proximité d'une élection présidentielle ou la tenue d'un match de football); les mesures notables liées aux inondations prises par les autorités permettant de dater l'événement ou encore les indicateurs spatiaux tels que les noms de lieux et de rues.»*

Cette première tâche accomplie, les chefs de quartier ayant été confrontés à des inondations (soit 62 sur 82) ont été à nouveau sollicités mais cette fois pour établir une cartographie aussi précise que possible des zones concernées. L'exercice, qui a nécessité une formation préalable à la lecture de cartes, a permis de délimiter les contours des inondations survenues durant les trois années concernées et d'en estimer la profondeur à l'aide d'épingles de couleur (rouges pour un niveau élevé, vertes pour un niveau moyen et jaunes pour un niveau faible).

Patient et compréhensif Les informations ainsi obtenues ont ensuite été croisées avec des relevés in situ, les données fournies à cette occasion étant immédiatement enregistrées au moyen d'un GPS. *«Même si cela n'a pas toujours été facile à organiser compte tenu de l'âge souvent avancé des personnes concernées, qu'il a fallu se montrer souple, patient et compréhensif, il s'agit d'une étape importante, car la récupération de la mémoire est facilitée lorsque le contexte de l'événement est reconstitué, note Bocar Sy. Un lieu, un son ou une odeur pouvant faire ressurgir tout d'un coup un élément qui semblait oublié.»*

Également priés de se prêter au petit jeu de la cartographie, les membres du second groupe avaient, quant à eux, pour tâche prioritaire de

fournir des précisions sur la profondeur des eaux durant les trois épisodes concernés par l'étude. À cette fin, Bocar Sy leur a proposé d'utiliser une échelle de grandeur basée sur différentes parties du corps humain (cheville, genou, épaule).

L'ensemble de ces données ont alors été fusionnées de manière informatique, puis comparées

« LA RÉCUPÉRATION DE LA MÉMOIRE EST FACILITÉE LORSQUE LE CONTEXTE DE L'ÉVÉNEMENT EST RECONSTITUÉ »

avec celles fournies par les instruments de télédétection. Les résultats ainsi obtenus montrent que l'approche citoyenne a permis d'identifier une quantité significative de zones inondées qui avaient échappé aux images prises par satellite pour les trois événements considérés. À titre d'exemple, pour l'année 2005, les estimations de la surface des zones inondées sont de 0,92 km² pour les chefs de quartier et de 0,73 km² pour les représentants locaux, contre 0,62 km² pour la télédétection, soit une variation de près d'un tiers.

La méthode utilisée par Bocar Sy a également fourni des mesures de profondeur pour chaque site submergé avec une valeur maximale de 2,5 mètres pour 2005, de 1,5 mètre pour 2009 et de 1,2 mètre pour 2012.

Sols imperméables Enfin, les témoignages recueillis dans le cadre de l'étude ont mis en

évidence un certain nombre de facteurs qui ont joué un rôle aggravant dans la survenue des inondations.

«La cause première de ces catastrophes reste la pluie, qui ne parvient plus à pénétrer dans des sols rendus imperméables par les routes et les constructions, synthétise Bocar Sy. Mais il y a aussi d'autres éléments qui entrent en ligne de compte.»

Une trentaine de chefs de quartier ont ainsi souligné une remontée de la nappe phréatique se traduisant par un sol humide, le verdissement des façades ou l'écaillage de la peinture couvrant les murs. Un dysfonctionnement des canalisations utilisées pour le drainage des eaux a également été mentionné dans plusieurs districts, de même que le débordement du lac de Warouwaye qui est situé non loin de la zone étudiée. Certains habitants du district auraient par ailleurs aggravé la situation en vidangeant leur fosse septique au moment de ces épisodes de pluies torrentielles.

«Sur la base de ces éléments, il est possible de reconstituer de manière relativement fidèle la chaîne des événements qui ont conduit à ces catastrophes, ce qui va permettre d'affiner considérablement les différents scénarios qui peuvent être envisagés pour les années à venir, se réjouit Bocar Sy. Mais cette étude, qui peut être répliquée n'importe où dans le monde, a aussi apporté aux citoyens qui ont été impliqués dans ce projet des compétences en matière d'acquisition de données sur les inondations ainsi qu'une meilleure compréhension de ces phénomènes. Ce qui leur permettra de participer plus activement au processus décisionnel et de s'impliquer plus directement dans la gestion des risques inhérents à ce genre de catastrophes.»

Vincent Monnet

JASMINE ABDULCADIR, LA FEMME QUI PANSE LES FEMMES

EN DIX ANS, LA CONSULTATION QU'ELLE A OUVERTE À GENÈVE A REÇU **PLUS DE 500 FEMMES AYANT SUBI DES MUTILATIONS GÉNITALES**. UN ENGAGEMENT QUI A VALU À LA JEUNE MÉDECIN LE TITRE DE CHEVALIER DE L'ORDRE DU MÉRITE DE LA RÉPUBLIQUE ITALIENNE ET QUI EST AUSSI, POUR BEAUCOUP, UNE HISTOIRE DE FAMILLE. PORTRAIT.

On peut être passionnée par son métier tout en souhaitant ne plus avoir à le pratiquer. «*Le jour où tout cela s'arrêtera, j'en serai la première heureuse*», confirme Jasmine Abdulcadir, privat docent à la Faculté de médecine et responsable des urgences gynéco-obstétricales aux Hôpitaux universitaires de Genève (HUG), où elle a mis sur pied, il y a tout juste dix ans de cela, la première consultation de Suisse romande ouverte aux femmes et aux filles avec mutilations génitales. En une décennie, plus de 500 femmes en ont franchi les portes. Pour en finir avec la douleur, pour retrouver leur intégrité physique ou pour effacer de leur mémoire un geste qu'elles ressentent depuis toujours comme une trahison. Mais surtout pas pour se faire «réparer» d'un coup de bistouri magique. «*Je n'aime pas beaucoup l'idée du chirurgien tout-puissant qui, par la seule grâce de son talent, serait capable de reconstruire ces femmes*, appuie la spécialiste. *La vérité, c'est qu'elles se reconstruisent toutes seules. C'est leur vie, leur parcours et leur décision. Notre rôle se limite à accompagner au mieux ce cheminement en offrant à nos patientes les outils dont elles ont besoin.*» À l'entendre, il n'y aurait donc rien de si extraordinaire que cela dans la voie que Jasmine Abdulcadir a choisi d'emprunter. Un avis que ne partage visiblement pas le gouvernement italien, lequel a choisi, en 2018, d'élever sa ressortissante au rang de Chevalier de l'Ordre du mérite. En l'écoutant raconter son parcours, on comprend mieux pourquoi.

L'horizon s'ouvre L'histoire commence à Mogadiscio. Nous sommes à la fin des années 1960 et, dans cette Somalie fraîchement

libérée de la tutelle italienne (le pays a été une colonie de 1889 à 1960), l'horizon des possibles s'élargit soudainement pour toute une génération de jeunes gens. Celle dont fait partie Omar Abdulcadir, le père de Jasmine. Aîné d'une fratrie de 17 enfants, celui-ci voit sa destinée chamboulée du tout au tout lorsque son propre

«LA VÉRITÉ, C'EST QUE CES FEMMES SE RECONSTRUISENT TOUTES SEULES. C'EST LEUR VIE, LEUR PARCOURS ET LEUR DÉCISION. NOTRE RÔLE SE LIMITE À LEUR FOURNIR LES OUTILS DONT ELLES ONT BESOIN»

père, revenu d'études en Italie, accède au statut d'avocat. Lui qui allait pieds nus porte de jolies chaussures et une maison en dur a remplacé la modeste cabane qui abritait la famille jusque-là. Mais, surtout, il peut désormais étudier à sa guise. Le matin, au lycée italien où la leçon est donnée par des prêtres, l'après-midi, à l'école coranique du quartier. Vers l'âge de 18 ans – il

existe un doute sur l'année exacte de sa naissance –, Omar a toutes les cartes en main pour poursuivre son rêve: devenir gynécologue, le même métier qu'exerçait l'homme qui a sauvé la vie de sa mère après une fausse couche qui aurait pu lui être fatale. Deux choix s'offrent à lui: les États-Unis, que son père juge trop dangereux pour un jeune Somalien, ou l'Italie, avec laquelle son pays dispose d'accords particuliers et où l'on trouve également d'excellentes universités dont celle de Padoue, sur laquelle Omar jette finalement son dévolu.

La suite, c'est sa fille qui la raconte: «*Quand mon père est arrivé sur place, il a vite déchanté. Il faisait si froid et si gris, qu'il pensait ne pas pouvoir tenir le coup. Alors il est monté dans le premier train en partance pour le sud, en se disant qu'il en descendrait aux premiers rayons de soleil. Il s'est arrêté à Florence où l'année académique avait déjà commencé. Arrivé en retard à son premier cours, il repère une place vide à côté d'une jeune fille. Il demande à s'asseoir mais la jeune fille lui répond que la place est réservée pour une amie. Plutôt que de se décourager, il propose de rester là jusqu'à l'arrivée de celle-ci. Fort heureusement, l'amie en question n'est finalement jamais venue. Mon père et ma mère ne se sont plus quittés depuis.*»

En apparence, pourtant, tout oppose les deux tourtereaux. Omar est musulman, il a la peau noire, est un peu fantasque et pas toujours très

Jasmine Abdulcadir:
«En consultation, il n'y a pas que le savoir technique qui compte. On peut faire passer beaucoup de choses par la façon dont on choisit ses mots, par son attitude ou son langage corporel.»

Jasmine Abdulcadir

Privat docent au Département de pédiatrie, gynécologie et obstétrique (Faculté de médecine), médecin adjointe responsable de l'Unité des urgences gynéco-obstétricales (HUG).

1982: Naissance à Florence.

2005-2007: Stage Erasmus à la Faculté de médecine Pierre et Marie Curie (Paris).

2007: Doctorat en médecine à l'Université de Florence avec une thèse sur les fausses couches à répétition.

2008: Examen d'État italien.

2009: Médecin interne au Département de gynécologie et obstétrique des HUG.

2010: Création de la consultation spécialisée « Mutilations génitales féminines ».

2014: Spécialisation FMH en gynécologie et obstétrique.

2017: Privat docent à la Faculté de médecine de l'UNIGE.

2018: Médecin adjointe responsable des urgences de gynécologie et obstétrique aux HUG. Chevalier de l'Ordre du mérite de la République italienne.

2020: Membre du groupe de travail « Médecine, Genre et Équité » de la Faculté de médecine.





ponctuel. Lucrezia, elle, est née en Calabre, dans une famille blanche et profondément catholique. Elle préfère avoir un peu d'avance qu'être en retard et ne laisse pas grand-chose au hasard.

Vaincre les réticences « *Il a fallu du temps et pas mal de persévérance pour que les deux familles parviennent à vaincre leurs réticences à l'égard de cette union, complète Jasmine Abdulcadir. Mais le mariage a finalement eu lieu. Et depuis, il n'y a plus jamais eu de problèmes. Au-dessus du lit de mes parents, il y a une sourate du coran du côté de mon père et une Vierge du côté de ma mère. On fêtait aussi bien Noël que la fin du ramadan. Mon frère et moi avons grandi sans que l'on ne nous demande jamais de choisir entre ces deux cultures. Et, ça, c'est une très grande richesse.* »

À cet esprit d'ouverture et de tolérance s'ajoute une autre vertu que les Abdulcadir inculquent très tôt à leurs enfants : le goût du travail. Diplômés respectivement en gynécologie et en sexologie, le père et la mère, qui font œuvre de pionnier en Italie dans le traitement des conséquences des mutilations génitales, ne

rechignent jamais à la tâche même quand le téléphone sonne le dimanche. Les enfants, eux, suivent studieusement leur scolarité, ajoutant à l'apprentissage du français celui de l'anglais, histoire de pouvoir traduire des articles d'anatomie ou de physiologie pour le compte de maman.

De là à penser que la route était toute tracée, il n'y a qu'un pas, que la principale intéressée se refuse pourtant à franchir aussi allégrement. « *C'est vrai que j'ai toujours bien aimé la médecine, justifie-t-elle. Petite, je jouais tout le temps avec une Barbie médecin et j'adorais aussi lire une bande dessinée qui s'appelait Il était une fois la vie, dans laquelle on voyait des globules blancs se battre contre des microbes. Mais je ne voulais surtout pas faire la même chose que mes parents. J'avais l'impression que je trainerais ce choix toute ma vie comme un boulet.* »

La réalité du terrain aura pourtant raison de ses réticences. En stage clinique à Paris durant sa 5^e année d'études, l'étudiante prend goût à l'anesthésie et à la réanimation, avant de se rendre à l'évidence : rien ne l'intéresse tant que la gynécologie. « *C'est une discipline riche*

qui regroupe la santé générale, la sexualité, le psychosomatique, la chirurgie et qui soulève aussi des aspects culturels, historiques et juridiques. »

Tour de force Après un bref retour à Florence qui lui permet de valider sa thèse, c'est dans la peau d'une jeune interne que Jasmine Abdulcadir arrive à Genève en 2009 pour un stage qui aurait dû durer six mois aux Hôpitaux universitaires. Onze ans plus tard, elle est toujours là mais avec un tout autre statut.

Médecin adjointe, elle assume en effet la responsabilité du Service des urgences en gynécologie et obstétrique à l'hôpital tout en menant des recherches et en participant aux enseignements donnés par la Faculté de médecine, où elle a actuellement le titre de privat docent. Sans oublier la direction de la consultation spécialisée dans la prise en charge des femmes avec mutilation génitale qu'elle a fondée un an seulement après son arrivée à Genève. Un tour de force dont Jasmine Abdulcadir refuse obstinément de s'attribuer tout le mérite.

« *Toute seule, je n'aurais rien pu faire mais j'ai eu la chance d'être formidablement bien accueillie,*

Reconstitution de la cérémonie précédant l'excision au sein de la tribu Sebei au nord-est de l'Ouganda. Malgré l'interdiction des mutilations génitales féminines par le gouvernement en 2010, ce rituel semble encore pratiqué par plusieurs tribus.

nuance-t-elle. *Les responsables du service m'ont tout de suite fait confiance et ils se sont montrés très à l'écoute de mes propositions. J'ai rapidement demandé à intégrer le groupe qui travaillait déjà sur le sujet, ce qui a été accepté. À l'intérieur de celui-ci, on m'a très vite confié des responsabilités. Le fait d'être ainsi impliquée malgré mon manque d'expérience m'a motivée à travailler encore plus.* Et les résultats sont là : avec l'appui de la sage-femme, d'une autre gynécologue et de la psychologue qui ont entre-temps rejoint l'équipe, la consultation reçoit aujourd'hui entre 25 et 30 femmes par mois.

De nombreuses patientes y viennent pour savoir si elles peuvent accoucher normalement en ayant été infibulées (ndlr: fermeture des organes génitaux externes par la suture des lèvres après une éventuelle excision). D'autres présentent des complications liées aux mutilations, tandis que certaines souhaitent simplement se renseigner sur les possibilités offertes par la chirurgie ou faire le point sur leur santé sexuelle. Parfois, elles n'ont aucun souvenir de ce qui s'est passé (dans certains pays comme l'Érythrée, le geste est effectué dans les 40 jours qui suivent la naissance) mais dans bien des cas, le traumatisme est encore présent, générant un sentiment d'injustice, de trahison ou de colère. *« Les médias se focalisent souvent sur les souffrances psycho-physiques et sur la violation des droits humains que constituent ces mutilations, complète Jasmine Abdulcadir. Ce sentiment de révolte est une réaction tout à fait normale, mais on peut aller plus loin. Il ne s'agit pas juste d'une question d'organes génitaux. Les jeunes filles et les femmes qui viennent nous voir sont des personnes avant d'être des victimes. Des personnes qui peuvent être guéries non seulement d'un point de vue chirurgical mais aussi sur le plan*

psychologique, sexuel et social. D'ailleurs, l'opération est souvent la partie la plus facile pour nous. Réaliser une désinfibulation, par exemple, est un geste qui peut être fait en cinq minutes dans une salle d'opération, tandis qu'il en faut quarante-cinq pour reconstruire un clitoris. »

Ce qui prend du temps, par contre, c'est l'accueil, le soutien et l'accompagnement qu'offre la consultation. Avant d'entamer une reconstruction, chaque patiente est informée sur son anatomie ainsi que sur les risques et les conséquences de l'opération, tout en étant tenue de

« QUAND ON INCLUT LES HOMMES À LA DISCUSSION EN TANT QUE PÈRES OU ÉPOUX, CELA CHANGE BEAUCOUP DE CHOSES »

suivre trois mois de thérapie psycho-sexuelle, procédure qui conduit 60% d'entre elles à ne pas opter pour une chirurgie reconstructive.

Explosion de tomates *« C'est une étape essentielle qui permet de donner à la parole le temps de se libérer mais aussi de tordre le cou à un certain nombre de mythes encore très vivaces sur le sujet, ajoute Jasmine Abdulcadir. Parmi ceux-ci, le plus répandu veut que l'excision rende la femme sexuellement plus sage, plus fidèle. Beaucoup de gens croient aussi que le clitoris peut causer des dysfonctionnements érectiles ou considèrent qu'une femme non infibulée est vulgaire parce qu'elle urine plus bruyamment. Ce genre d'idées*

fausses n'est d'ailleurs pas l'apanage de l'Afrique. Lorsque ma mère et ses sœurs avaient leurs règles, ma grand-mère leur interdisait de toucher les bouteilles de sauce tomate parce qu'elles risquaient d'exploser. »

Ce travail d'information et de sensibilisation ne concerne pas que les patientes qui franchissent les portes de la consultation. Il s'étend également à l'ensemble du personnel médical et soignant, au sein duquel les connaissances sur l'anatomie et la physiologie sexuelle sont encore souvent lacunaires ainsi qu'aux maris et aux conjoints des femmes concernées auprès desquels Jasmine Abdulcadir trouve le plus souvent un soutien bienvenu.

« En règle générale, l'excision ou l'infibulation, c'est une affaire de femmes, précise la spécialiste. Les interventions sont organisées par une tante ou une grand-mère sans que les hommes aient leur mot à dire, si ce n'est au moment de choisir une épouse. Mais quand on les inclut à la discussion en tant que pères ou époux, cela change beaucoup de choses, parce que ce qui compte surtout pour eux, c'est la santé de leur femme ou de leur fille. Lorsqu'il y a des doutes ou du découragement à propos de la prise en charge, ce sont souvent eux qui soutiennent les démarches. Et aucun d'eux n'a jamais refusé de me parler sous prétexte que j'étais trop jeune ou que j'étais moi-même une femme. » Même si elle souhaite un jour pouvoir fermer la consultation qu'elle a mise sur pied faute de nouvelles patientes à traiter, Jasmine Abdulcadir ne montre aucun signe de lassitude. *« Chaque consultation enrichit la suivante, insiste-t-elle. J'apprends quelque chose de chaque femme que je rencontre et, parfois, je reçois beaucoup en retour. Un jour, une patiente d'âge mûr m'a confié qu'elle avait attendu plus de quarante ans pour avoir les réponses que je venais de lui donner en quelques minutes. C'est le genre de phrase qui compte quand il s'agit de se lever le matin pour retourner au travail. »*

THÈSES DE DOCTORAT

DROIT

AMARAL CORREA MUNCH, LUCIANE

Fragmentation of international law: the application of WTO law by Brazilian courts

Dir. Marceau, Gabrielle Zoe

2019, D. 982 | Web*: [132159](#)

CELLINA, ÉVA

La commercialisation des données personnelles: aspects de droit contractuel et de protection des données

Dir. Marchand, Sylvain

2019, D. 985 | Web*: [134084](#)

ESPINOSA SALAS, LUIS

Legal, political and diplomatic implications in the elaboration of an international legally binding instrument on transnational corporations and other business enterprises with respect to human rights

Dir. Mbengue, Makane Moïse

2019, D. 978 | Web*: [128915](#)

FARTOUI, HASSAN

Routes and approaches to Legal Coherence between the WTO Agreement and the UNESCO convention on the protection and promotion of the diversity of cultural expressions regarding trade in cultural goods

Dir. Marceau, Gabrielle Zoe

2017, D. 974 | Web*: [125828](#)

MERIBOUTE, NADIA

La traite d'êtres humains à des fins d'exploitation du travail

Dir. Cassani, Ursula

2020, D. 987 | Web*: [134734](#)

MICHOUD, ADELINÉ

Holding transnational corporations accountable for adverse impacts of their business activities: an international and comparative law study

Dir. Mbengue, Makane Moïse; Schultz, Thomas

2019, D. 979 | Web*: [129376](#)

MITCHENSON, JASON

Comity among authorities: a new approach to precedent

Dir. Mbengue, Makane Moïse; Schultz, Thomas

2019, D. 980 | Web*: [133509](#)

PEJCHAL, VIERA

Hate speech Regulation in post-communist countries: the case of the Czech Republic and Slovakia

Dir. Hertig Randall, Maya

2019, D. 975 | Web*: [127242](#)

SAUGAR KOSTER, CARMEN ALEXANDRA

Fiscal measures and indirect expropriation in international investment law

Dir. Kaufmann-Kohler, Gabrielle;

Hinojosa Martínez, Luis Miguel

2019, D. 977 | Web*: [134206](#)

SCHACHERER, STEFANIE

Sustainable development in the post-Lisbon international investment law-making of the European Union

Dir. Kaddous, Christine; Reinisch, August

2019, D. 976 | Web*: [128230](#)

LETTRES

PITTELOUD, CYRIAN

L'AFFAIRE D'ASHIO: POLLUTION MINIÈRE ET EXPERTISE ENVIRONNEMENTALE DANS LE JAPON MODERNE

L'Affaire d'Ashio est l'un des premiers grands cas de pollution industrielle ayant frappé le Japon. Dès le début des années 1880, l'exploitation du gisement de cuivre d'Ashio, dans les montagnes de Tochigi, a un impact environnemental et social significatif qui se fait sentir bien au-delà des limites de la mine. En réponse, un mouvement de protestation s'organise et milite pendant près de vingt ans pour obtenir une protection de l'État. Par quels moyens tente-t-il d'obtenir une réaction des autorités? Comment le gouvernement réussit-il à maintenir la mine en activité, malgré les répercussions évidentes sur l'environnement et sur la santé de la population? À travers l'étude de sources de l'époque (rapports officiels, interpellations parlementaires, procès-verbaux de groupes d'enquête, témoignages), cette étude vise à démontrer en quoi le savoir scientifique fut au cœur de ces deux questions et surtout comment l'expertise environnementale, qui s'élabora d'un côté et de l'autre du front d'opposition devint rapidement un enjeu politique majeur.

DIR. SOUYRI PIERRE-FRANÇOIS

Th. UNIGE 2019, L. 962 | Web*: [127183](#)

ÉCONOMIE ET MANAGEMENT

BRANCA, MATTIA

Robust predictive distribution and bias-calibration in Linear Models

Dir. Antoni, Eva; Ronchetti, Elvezio

2019, GSEM 74 | Web*: [131077](#)

FROSSARD, JAROMIL

Permutation tests and multiple comparisons in the linear models and mixed linear models, with extension to experiments using electroencephalography

Dir. Renaud, Olivier

2019, GSEM 69 | Web*: [125617](#)

HUG, JESSICA

Skills, tasks and skill-biased technological change in cities

Dir. Robert-Nicoud, Frédéric; Carrere, Céline

2019, GSEM 73 | Web*: [130753](#)

KYRITSIS, ATHANASIOS

Enhancing wellbeing using artificial intelligence techniques

Dir. Konstantas, Dimitri; Deriaz, Michel

2019, GSEM 75 | Web*: [130751](#)

LETTRES

BEUCHAT, ROBIN

Irène sacrifiée: la cruauté du Grand Turc entre histoire et fiction (1550-1750)

Dir. Tinguely, Frédéric

2019, L. 966 | Web*: [128278](#)

CORRALES PERALTA, CARLOS ARTURO

Figures musicales: un outil de compréhension et d'analyse pour la musique des dernières décennies du XX^e siècle

Dir. Mosch, Ulrich

2017, L. 900 | Web*: [128713](#)

FALK, CHRISTOPH

Konfigurationale kausale Modellieren: Ein theoretisches Fundament und Verfahren für Kausalanalysen mit crisp-set Konfigurationen

Dir. Baumgartner, Michael

2020, L. 974 | Web*: [133145](#)

FOURNIER, YVES

Tactus, notation mensuraliste et contrepoint à la Renaissance: pour un contexte théorique et une épistémologie pratique

Dir. Darbellay, Etienne

2019, L. 967 | Web*: [128064](#)

GAL, MARIA

Balzac et l'allégorie: histoire d'un paradigme

Dir. David, Jérôme

2019, L. 972 | Web*: [131418](#)

GARCIA MARTINEZ, MARCELA ANTONIA

Frameworks, exhibitions and effects of four European Architecture Centers

Dir. El-Wakil, Leïla

2019, L. 957 | Web*: [135085](#)

HEINIGER, SÉBASTIEN

« Pratiquer une greffe »: fédéralisme et poésie chez L. S. Senghor

Dir. David, Jérôme

2019, L. 960 | Web*: [132161](#)

JINDRA, DANIEL-ALEXIS

L'immeuble résidentiel genevois pendant les Trente Glorieuses: fabriquer le standing à Genève

Dir. El-Wakil, Leïla

2019, L. 961 | Web*: [128383](#)

KONAN, YANNICK ROMAIN

Étude contrastive des effets de la proéminence en kode

Dir. Puskas, Geneveva; Ahoua, Firmin

2019, L. 971 | Web*: [132265](#)

LEOPARDI, RAFFAELLA

Lo statuto epistemologico della fede in Pierre Jurieu (1637-1713), teologo inconsapevolmente « difforme »

Dir. Pitassi, Maria-Cristina

2019, L. 959 | Web*: [128397](#)

POULAIN, BÉRANGÈRE

«Nouvelles couleurs, nouvelles jouissances»: la polychromie des boiseries françaises au siècle des Lumières

Dir. **Blanc, Jan; Michel, Christian**
2019, L. 956 | Web*: [128399](#)

SADDIER, THOMAS

L'appropriation de la musique hindoustanie par le rock psychédélique britannique et américain de 1965 à 2017

Dir. **Mosch, Ulrich**
2019, L. 969 | Web*: [128061](#)

PSYCHOLOGIE ET SCIENCES DE L'ÉDUCATION

BAUMELER, DENISE

Teasing apart attentional repulsion: a multimethodological approach

Dir. **Born, Sabine; Kerzel, Dirk**
2020, Neur. 262 | Web*: [131889](#)

BIAO, AGBELEMICHE FLORENT

Élaboration et expérimentations de séquences didactiques articulant l'enseignement de la langue à l'enseignement des textes littéraires aux secondaires québécois et suisse

Dir. **Dolz-Mestre, Joaquim; Falardeau, Érick**
2020, FPSE 752 | Web*: [134752](#)

FREDERIC, NATASHA STINE

The impact of ingroup identity heterogeneity on outgroup derogation: a social identity approach

Dir. **Falomir Pichastor, Juan Manuel**
2019, FPSE 740 | Web*: [126396](#)

MOSQUERA ROA, RICARDO SANTIAGO

Construction du soi professionnel de deux enseignants débutants: subjectivation des savoirs professionnels lors de l'insertion au métier

Dir. **Dolz-Mestre, Joaquim; Vanhulle, Sabine**
2019, FPSE 742 | Web*: [126361](#)

PLYS, EKATERINA

L'influence de l'affect positif et négatif sur la perception des buts de santé

Dir. **Desrichard, Olivier**
2019, FPSE 748 | Web*: [131054](#)

POGRANOVA, SLAVKA

Les pratiques des enseignants en formation initiale: la construction des savoirs, les gestes didactiques et l'alternance des langues en classe d'allemand et d'anglais à l'école primaire

Dir. **Dolz-Mestre, Joaquim**
2019, FPSE 745 | Web*: [127889](#)

VUILLET, YANN

À la recherche didactique de concepts pour penser, dire et agir le littéraire

Dir. **Dolz-Mestre, Joaquim**
2017, FPSE 647 | Web*: [129260](#)

MÉDECINE

CADOSCH, ILKE

The role of BTN2A2 in immune regulation of B Cells

Dir. **Reith, Walter**
2019, Sc. Vie – Bioméd. 41 | Web*: [131775](#)

CALVO TARDON, MARTA

Individuality of glioma cell responses to hypoxia; roles of metformin as a regulator

Dir. **Walker, Paul Richard**
2019, Sc. Vie 22 | Web*: [126391](#)

CHEBIB, NAJLA

Évaluation clinique de la justesse des différents matériaux et techniques d'empreintes pour crêtes édentées

Dir. **Muller, Frauke**
2019, Méd. dent. 774 | Web*: [128925](#)

CONOD, ARWEN

Mechanisms of pro-metastatic state induction

Dir. **Ruiz Altaba, Ariel**
2019, Sc. Vie – Bioméd. 40 | Web*: [130769](#)

CORREIA, JORGE

Implémentation et évaluation d'un réseau de télémédecine en Angola

Dir. **Geissbuhler, Antoine**
2019, Méd. 10964 | Web*: [128916](#)

DE LA GRANDVILLE, BÉATRICE

Effets de la concentration d'oxygène sur la physiologie respiratoire en anesthésie pédiatrique: une étude randomisée contrôlée en double aveugle

Dir. **Habre, Walid**
2019, Méd. 10960 | Web*: [125819](#)

DELAUNE, VAHERIE

Immune monitoring and modulating hypoxia-mediated injury in pancreatic islet transplantation

Dir. **Toso, Christian**
2018, Sc. Méd. 32 | Web*: [134614](#)

DELITSIKOU, VASILIKI

Tubular toxicity of proteinuria in Chronic Kidney Disease

Dir. **De Seigneux Matthey, Sophie**
2019, Sc. Vie 27 | Web*: [125620](#)

DIAGBOUGA, MANNEKOMBA ROXANE

Histological characterization and the role of biomechanical forces in intracranial aneurysm disease

Dir. **Kwak, Brenda**
2019, Sc. Vie – Bioméd. 34 | Web*: [129927](#)

FAHRNI, GUILLAUME

Est-ce que l'imagerie 18F-FDG Patlak corps entier améliore la détectabilité des lésions en oncologie clinique?

Dir. **Zaidi, Habib**
2019, Méd. 10958 | Web*: [127102](#)

FEHLMANN, AURORA

Facteurs motivationnels des étudiants en médecine suisses s'orientant vers la gynécologie-obstétrique comme choix de spécialité

Dir. **Daellenbach, Patrick Peter; Savoldelli, Georges Louis**
2019, Méd. 10952 | Web*: [127230](#)

FIECHTER, GWENDOLINE ISABELLE

Leptospirosis in Switzerland: an emerging disease or emerging awareness?

Dir. **Pugin, Jérôme**
2020, Méd. 10983 | Web*: [134857](#)

GAUTHIER, MORGAN

Prise en charge, évolution et complications des fractures distales de l'ulna associées à une fracture de l'extrémité distale du radius

Dir. **Hannouche, Didier**
2020, Méd. 10979 | Web*: [132160](#)

GENOUD, VASSILIS

Improved glioblastoma mouse models to design better immunotherapeutic combinations

Dir. **Walker, Paul Richard; Dietrich, Pierre-Yves**
2019, Sc. Méd. 37 | Web*: [129407](#)

HAMARD, MARION

Syndrome du trépané

Dir. **Vargas Gomez, Maria Isabel**
2020, Méd. 10970 | Web*: [131417](#)

KLIMEK, BOGNA

In vivo RNA interference screening to explore T cell behaviour in neuroinflammation

Dir. **Merkler, Doron**
2019, Sc. Vie – Bioméd. 36 | Web*: [131624](#)

KUFFER, JULIE

Revue de la littérature sur la prise en charge des lésions de la coiffe des rotateurs

Dir. **Hannouche, Didier**
2020, Méd. 10973 | Web*: [131627](#)

MORELE GIOVANNONI, LAURIANNE

Les horloges circadiennes des cellules et pancréatiques ont des propriétés moléculaires et un impact différent sur la sécrétion hormonale de l'îlot et l'expression des gènes

Dir. **Dibner, Charna; Philippe, Jacques**
2019, Méd. 10953 | Web*: [125586](#)

MORET, CÉLINE

Repenser le consentement éclairé dans le contexte des analyses génétiques par séquençage à haut débit

Dir. **Hurst, Samia; Mauron, Alex**
2019, Sc. BioMéd – BioEthique 2 | Web*: [127203](#)

NEOFYTOS, DIONYSIOS

Prophylaxie antimicrobienne et approches thérapeutiques empiriques et préemptives pour la prévention des infections chez les receveurs de greffe allogénique de cellules hématopoïétiques

Dir. **Kaiser, Laurent**
2020, Méd. 10972 | Web*: [131416](#)

PITTA, JOAO

Stabilité mécanique des piliers implantaires intermédiaires en zircone collés sur des bases titane et restaurés avec différentes couronnes céramiques monolithiques

Dir. **Sailer, Irena**
2019, Méd. dent. 773 | Web*: [128917](#)

ROY, MARGAUX

Santé parodontale d'une cohorte de diabétiques de type 1: étude cas-témoins

Dir. **Mombelli, Andrea**
2019, Méd. dent. 771 | Web*: [125813](#)

SOFOLUWE, ADERONKE

Intercellular communication in the infected cystic fibrosis airway epithelium

Dir. **Chanson, Marc**
2019, Sc. Vie – Bioméd. 38 | Web*: [131619](#)

SZUECS, ANNA

Personnalité et comportement suicidaire de l'âge avancé: une revue systématique de la littérature

Dir. **Aubry, Jean-Michel**
2019, Méd. 10962 | Web*: [126120](#)

TIREFORT, JÉRÔME

Appréhension d'épaule: problème du système nerveux central, périphérique ou articulaire?

Dir. **Laedermann, Alexandre; Hannouche, Didier**
2019, Méd. 10937 | Web*: [128281](#)

TSARTSALIS, STERGIOS

Studying the neurochemical determinants of antipsychotic efficacy and side effect profile: a translational dopamine D2 and serotonin 2a neuroimaging approach

Dir. **Millet, Philippe**
2019, Neur. 255 | Web*: [125621](#)

TSCHOPP, CLÉMENT JULES

Risques et bénéfices de l'ajout d'adrénaline à un anesthésique local: une méta-analyse d'études randomisées et contrôlées

Dir. **Tramer, Martin; Elia, Nadia**
2020, Méd. 10975 | Web*: [131890](#)

THÈSES DE DOCTORAT

TSELIGKA, EIRINI

Identification of Enterovirus 71 virulence determinants

Dir. Tapparel, Caroline

2019, Sc. Vie 31 | Web*: [126368](#)

VANZAN, LUDOVICA

Super pioneer transcription factors: a new class of transcription factors that can induce DNA demethylation

Dir. Murr, Rabih

2019, Sc. Vie – Bioméd. 24 | Web*: [127386](#)

WILLAME, ALEXIA

Le défi de l'infection congénitale au cytomegalovirus

Dir. Martinez De Tejada Weber, Begona

2019, Méd. 10965 | Web*: [128065](#)

WUERNSCHIMMEL, CHRISTOPH MATTHIAS

Précision des biopsies standardisées à 12 noyaux par rapport aux biopsies non standardisées pour la détection du cancer de la prostate de grade Epstein 5 par rapport à l'histologie des échantillons après prostatectomie radicale

Dir. Mattei, Agostino; Iselin, Christophe

2019, Méd. 10963 | Web*: [126529](#)

SCIENCES

ALJAKNA KHAN, ALEKSANDRA

Detection of early myocardial ischemia in sudden cardiac death by advanced molecular technologies

Dir. Grabherr, Silke; Martinou, Jean-Claude; Sabatasso, Sara

2019, Sc. 5407 | Web*: [127615](#)

ASSENS, ALEXIS

The peripheral olfactory system: from wiring to signal adaptation

Dir. Rodriguez, Ivan

2020, Sc. 5429 | Web*: [131907](#)

BAGHDASARYAN, ANI

Designed synthesis and surface modification of metal clusters: from fundamentals to applications

Dir. Buergi, Thomas

2020, Sc. 5431 | Web*: [131203](#)

BECKWITH, JOSEPH

Investigating photoinduced charge-Transfer products using ultrafast spectroscopy

Dir. Vauthey, Eric

2019, Sc. 5401 | Web*: [126387](#)

BOVIN, SIMON

Coral recovery after the End-Triassic mass extinction: insights on the Liassic biodiversity from Moroccan and French new collections

Dir. Martini, Rossana; Lathuilière, Bernard

2019, Sc. 5410 | Web*: [129390](#)

BOSELLI, MARGHERITA

Nanoscale investigations of the LaAlO₃/SrTiO₃ interface

Dir. Triscone, Jean-Marc; Gariglio, Stefano

2019, Sc. 5358 | Web*: [126401](#)

BRUCKA, MARTA

Complementarity of decoupling elements with respect to spectral quality in 2D pure-shift homonuclear experiments

Dir. Jeannerat, Damien

2019, Sc. 5372 | Web*: [127380](#)

MÉDECINE

ETAJEDDINE ESPINOSA, LAILAM

LES DÉTERMINANTS CLINIQUES DU TYPE DE DÉLIT ET DE LA RÉCIDIVE DANS LE CADRE DES MESURES INSTITUTIONNELLES: IMPACT DU PROFIL DE PERSONNALITÉ

Une des préoccupations majeures dans le champ criminologique est le risque de récidive. Une étude effectuée en 2012 en France a par exemple montré que 59 % des personnes sortant de prison sont de nouveau condamnés dans les cinq ans, dont 80 % à une peine de prison ferme. Afin de tenter de mieux cerner les déterminants de la récidive pénale, cette thèse s'intéresse au profil psychologique des individus condamnés pour infraction. En suivant une cohorte de détenus en milieu fermé et ouvert, l'auteure est parvenue à mettre en évidence un certain nombre de corrélations entre le type de délit, la récidive délictuelle et le profil de la personnalité. Des résultats qui suggèrent que l'étude des profils de personnalité pourrait donner des indications précieuses relatives à l'évolution des patients sous mesure pénale.

DIR. GIANNAKOPOULOS, PANTELEIMON

Th. UNIGE 2019, Méd. 10961 | Web*: [127382](#)

CALOZ, MISAEEL

Superconducting nanowire single-photon detectors for quantum communication applications

Dir. Zbinden, Hugo

2019, Sc. 5413 | Web*: [129599](#)

CARDOSO, EVELINA

Optimization of the potential therapeutic benefit of protein kinase inhibitors used in cancer

Dir. Csajka, Chantal

2019, Sc. 5390 | Web*: [129596](#)

CHEN, CHEN

Alluvial response to climate change: a field and experimental study of the Palaeocene-Eocene Thermal Maximum

Dir. Castellort, Sébastien

2019, Sc. 5417 | Web*: [128285](#)

DUCHENE, LÉO

Development of a New closo-Borate Solid Electrolyte and Its Implementation in All-Solid-State Batteries

Dir. Hagemann, Hans-Rudolf; Remhof, Arndt

2019, Sc. 5384 | Web*: [126129](#)

EELTINK, DEBBIE

Nonlinear propagation of light pulses and water waves under the influence of damping and forcing

Dir. Kasparian, Jérôme; Brunetti, Maura

2019, Sc. 5399 | Web*: [127104](#)

FELDER, MATTEO

A graph-theoretic approach to Grothendieck-Teichmüller and Kashiwara-Vergne theories

Dir. Alexeev, Anton

2019, Sc. 5392 | Web*: [127778](#)

FIORITO, DANIELE

Alkenes and 1,3-dienes as platforms for selective transition metal catalysis

Dir. Mazet, Clement

2019, Sc. 5420 | Web*: [130767](#)

FORTES DE LENA, LUIS OTAVIO

Establishing a robust timeframe for environmental change in the geological past through combined use of high-precision U-Pb geochronology of zircon from volcanic ash layers and age-depth modelling

Dir. Schaltegger, Urs

2019, Sc. 5415 | Web*: [127563](#)

FOSSOU, ROMAIN

Étude du système symbiotique rhizobia-Cajanus cajan dans des champs cultivés en Côte d'Ivoire

Dir. Perret, Xavier

2019, Sc. 5400 | Web*: [125615](#)

GAGNEBIN, YORIC

New analytical and data handling strategies in clinical metabolomics: application to chronic kidney disease

Dir. Rudaz, Serge; Boccard, Julien

2019, Sc. 5326 | Web*: [134071](#)

GIRIK, VLADIMIR

Investigating sphingolipid metabolism in budding yeast using stable isotope-labeled and caged vacuole-specific probes

Dir. Riezman, Howard

2019, Sc. Vie 30 | Web*: [125912](#)

LE GUENNEC, MAEVA

Comprehensive structural analysis of centrioles using a combination of model organisms

Dir. Guichard, Paul; Hamel, Virginie

2019, Sc. Vie 44 | Web*: [131629](#)

MAITY, SUMIT RANJAN

Interplay of chemical doping, crystal structure and magnetism in oxygen non-stoichiometric Nd_{2-x}Sr_xNiO_{4+δ}

Dir. Ruegg, Christian; Keller, L.

2020, Sc. 5432 | Web*: [131881](#)

MARET, LUCIE

Measurement of muon neutrino interactions in carbon and water with the T2K near detector ND280

Dir. Blondel, Alain; Sanchez Nieto, Federico

2019, Sc. 5411 | Web*: [127551](#)

MARTIGNIER, AGATHE

Micropearls: a newly discovered biomineralization process in eukaryotes

Dir. Ariztegui, Daniel; Jaquet, Jean-Michel

2019, Sc. 5407 | Web*: [129105](#)

MICHIELS, YVES

Développement et évaluation d'un programme de soins pharmaceutiques chez le patient diabétique de type II dans le contexte pharmaceutique français

Dir. Bugnon, Olivier Jean

2019, Sc. 5419 | Web*: [131415](#)

SCIENCES DE LA SOCIÉTÉ FARGNOLI, VANESSA

VIVRE AVEC LE VIH: UNE CONDITION INVISIBLE: TRAJECTOIRES DE FEMMES SÉROPOSITIVES EN SUISSE ROMANDE

Que signifie « vivre avec le VIH » à long terme quand on est une femme qui n'appartient pas à un groupe cible et dont l'expérience n'a pas été problématisée dans l'histoire du sida ? Les femmes séropositives n'appartenant pas à des groupes cibles, tels que définis par l'Office fédéral de la santé publique suisse constituent un groupe de personnes invisibles, absentes des débats publics et médicaux, non considérées dans la littérature scientifique en général et non intégrées dans les recherches cliniques. Pour combler cette lacune, 30 récits de vie ont été récoltés entre 2013 et 2016 auprès de femmes hétérosexuelles séropositives en Suisse romande, diagnostiquées positives au VIH avant l'an 2000. Ces entretiens ont permis de revisiter presque quarante ans d'histoire du VIH/sida sous un angle critique féministe.

DIR. BURTON-JEANGROS, CLAUDINE

Th. UNIGE 2019, SdS 131 | Web*: [126142](#)

NJOH EKOUME, THÉODORE RODRIGUE

Étude, conception et mise en route d'un mini-télescope pour la détection de gerbes atmosphériques

Dir. Montaruli, Teresa

2019, Sc. 5404 | Web*: [128059](#)

OBRZUD, EWELINA

High repetition rate laser frequency combs for astronomical spectrograph calibration

Dir. Pepe, Francesco Alfonso; Wildi, François; Herr, Tobias

2019, Sc. 5428 | Web*: [131625](#)

PONOMAREV, EVGENIY

Optoelectronic processes in 2D semiconductors and van der Waals interfaces

Dir. Morpurgo, Alberto

2019, Sc. 5371 | Web*: [129429](#)

POPOV, DANIIL

Investigating the Utility of 40Ar/39Ar Data Acquired by Step-Heating of Alkali Feldspar for Thermochronology

Dir. Spikings, Richard Alan

2020, Sc. 5438 | Web*: [133126](#)

RACORDON, DIMITRI

Revisiting memory assignment semantics in imperative programming languages

Dir. Buchs, Didier

2019, Sc. 5409 | Web*: [127105](#)

RAPHAEL, ELISE

A mould-theoretic perspective on Kashiwara-Vergne theory

Dir. Alexeev, Anton

2019, Sc. 5391 | Web*: [127774](#)

RAVENTOS TATO, MARC

Polychromatic neutron diffractive imaging for polycrystalline materials

Dir. Ruegg, Christian

2019, Sc. 5343 | Web*: [128214](#)

RENOU, MARC-OLIVIER

Quantum nonlocality network structures, applications and symmetries of scenarios

Dir. Gisin, Nicolas

2019, Sc. 5368 | Web*: [131079](#)

RUPPEN, JULIEN

The color of electronic correlation in rare-earth nickelates

Dir. Van Der Marel, Dirk

2018, Sc. 5395 | Web*: [127620](#)

SAARBACH, JACQUES

Peptide nucleic acids: synthesis, cellular uptake, encoding and templated reaction

Dir. Winssinger, Nicolas

2019, Sc. 5405 | Web*: [126829](#)

SCHMIDT, CÉDRIC

Time-resolved soft X-ray Absorption spectroscopy of molecules in the gas and liquid phases

Dir. Wolf, Jean-Pierre

2019, Sc. 5353 | Web*: [128249](#)

STIRPE, ALESSANDRO

Epigenetic signalling mechanisms in heterochromatin

Dir. Loewith, Robbie Joséph; Schalch, Thomas

2019, Sc. 5426 | Web*: [131620](#)

WANG, LU

Ion-selective optodes with lipophilic solvatochromic dyes as transducers

Dir. Bakker, Eric

2019, Sc. 5422 | Web*: [129257](#)

XIONG, WENYUAN

Model-informed dose selection in early oncology drug development

Dir. Csajka, Chantal; Girard, Pascal Roland

2019, Sc. 5436 | Web*: [133935](#)

ZECH, ALEXANDER

Development of Frozen-Density Embedding theory methods with correlated wavefunctions

Dir. Wesolowski, Tomasz Adam

2019, Sc. 5398 | Web*: [125820](#)

SCIENCES DE LA SOCIÉTÉ

CHURI BARBOSA CORREA, JULIANA

Who deserves the Welfare? the Populist Radical Right's transformation of Social Policy

Dir. Pontusson, Jonas

2020, SdS 142 | Web*: [134623](#)

DE ROULET, PABLO

Security and aid agencies: processes of urban transformation in Bamako, Abidjan, Nairobi and Juba

Dir. Dao, Quoc-Hy

2019, SdS 133 | Web*: [134790](#)

ELIASSI, BABAN

L'émergence de l'islam politique au Kurdistan irakien des années 1980 à aujourd'hui

Dir. Baudoui, Remi; Cattacin, Sandro

2019, SdS 132 | Web*: [128712](#)

FEDDERSEN, ALEXANDRA

The dynamics of political parties' issue competition: the case of the migration issue in Switzerland

Dir. Sciarini, Pascal; Gianni, Matteo

2019, SdS 126 | Web*: [129392](#)

GYMYREK, PAWEL

Country earmarking of the multi-bilateral aid flows in the specialised agencies of the United Nations

Dir. Hug, Simon

2019, SdS 130 | Web*: [129256](#)

HADZIABDIC, SINISA

Subjective universes of heterogeneous units: teasing out the individual political effects of associational involvement

Dir. Baccaro, Lucio

2019, SdS 134 | Web*: [130745](#)

LACROIX, JULIE

Interrelations entre trajectoires résidentielles, familiales et professionnelles: le parcours de vie des immigrés en Suisse

Dir. Wanner, Philippe; Gagnon, Alain

2019, SdS 129 | Web*: [125594](#)

LAMBELET, SÉBASTIEN

Régimes urbains 2.0: gouverner les villes suisses du XXI^e siècle

Dir. Pflieger, Géraldine

2019, SdS 138 | Web*: [134000](#)

TRAN, NGUYEN TOAN

Effectiveness of a package of postpartum family planning interventions during 12 months in Burkina Faso and the Democratic Republic of Congo – the Yam Daabo study

Dir. Rossier, Clementine

2019, SdS 137 | Web*: [131614](#)

VAN DER LINDEN, ROSE

The life course construction of social inequalities in health in old age

Dir. Oris, Michel; Kliegel, Matthias

2019, SdS 136 | Web*: [127893](#)

TRADUCTION ET INTERPRÉTATION

GIRARD, MARIE-HÉLÈNE

Expression, traduction et interprétation du droit pénal international: état des lieux et analyse du cas de génocide

Dir. Prieto Ramos, Fernando;

Gemar, Jean-Claude

2019, FTI 34 | Web*: [127628](#)

GUZMAN, DIEGO

Retos de la terminología jurídica en la traducción institucional: el caso de la traducción de términos jurisdiccionales nacionales (EN/FR-ES) en documentos de trabajo de los mecanismos de vigilancia de las Naciones Unidas en materia de derechos humanos

Dir. Prieto Ramos, Fernando

2019, FTI 35 | Web*: [126833](#)

MARADAN, MÉLANIE

Dealing with uncertainty in deliberate lexical interventions: A method for gathering data from a speech community, exemplified by Esperanto speakers

Dir. Picton, Aurélie; Schubert, Klaus

2019, FTI 36 | Web*: [132266](#)

RETROUVEZ L'UNIVERSITÉ DE GENÈVE SUR LES RÉSEAUX SOCIAUX

