science & médecine
Le Monde

Demain, des soignants **heureux ?**

Au CHRU de Tours, réunion du service hématologie et thérapie cellulaire autour du professeur Emmanuel Gyan, le 13 janvier. CYRIL CHIGOT/DIVERGENCE POUR « LE MONDE »

A l'hôpital, dans un contexte de fortes restrictions budgétaires et de réorganisations, des initiatives encouragent le dialogue interprofessionnel et le management participatif. L'objectif : améliorer la qualité de vie au travail du personnel de santé et la prise en charge des patients

NATHALIE PICARD

Mardi, 9 heures. Au centre hospitalier régional universitaire (CHRU) de Tours, une vingtaine de blouses blanches se rassemblent dans une salle de réunion du service d'hématologie et de thérapie cellulaire, spécialisé dans les maladies du sang. Si le staff hebdomadaire n'a pas encore débuté, les discussions vont déjà bon train entre aides-soignantes, médecins, internes, infirmières et art-thérapeute. Les professionnels s'apprêtent à faire le point sur les personnes hospitalisées. Le but ? Les accompagner dans leur globalité, en croisant les regards des différentes professions sur l'évolution de la maladie et du traitement, mais aussi l'état psychologique, les situations familiales et financières ou les besoins en soins de support (art-thérapie, hypnose…).

Lorsque le professeur Emmanuel Gyan, chef de service, lance la réunion, il donne d'abord la parole aux aides-soignantes. Chacune présente les patients de son secteur. *« C'est à nous qu'ils se livrent le plus. Il n'est pas rare qu'ils nous confient leurs angoisses, leur colère ou même une envie de mourir »*, rapportent-elles. Une précieuse parole complétée par celle des infirmières puis des médecins, qui fournissent des informations sur l'avancée des examens ou la prise en charge médicale. *« Nous nous interrogeons sur la stratégie à adopter,* explique le chef de service au sujet d'un malade qui vient de faire une rechute avec un mauvais pronostic. *Faut-il poursuivre un traitement curatif, qui risque, vu sa toxicité, de contraindre le patient à rester à l'hôpital, ou passer à des soins palliatifs afin qu'il vive le mieux et le plus longtemps possible à domicile ? »*

« Donner du sens au travail »

A 10 heures, chacun retourne à ses occupations, à l'exception des internes et des infirmières : eux poursuivent la discussion sur les traitements à administrer aux patients. *« Nous pourrions informatiser les prescriptions et remettre à l'infirmière une liste de tâches à exécuter. En quelque sorte, brancher un câble USB sur le dos de l'infirmière,* ironise Emmanuel Gyan. *Mais un tel système nous déshumaniserait. Les bénéfices de ces échanges sont multiples. Pour les professionnels, ils donnent du sens au travail, réduisent le stress, renforcent l'équipe et désamorcent les conflits. Si l'on va au bout de cette démarche, le patient se sent mieux accompagné. »* Dans ce service où 15 % des malades sont proches de la mort, travailler en équipe est une évidence. Et, malgré les difficultés, la bonne humeur règne à la pause-café. *« Ici, la place des aides-soignantes est très importante,* souligne Marie, l'une d'entre elles. *Nous nous sentons écoutées et respectées. »* Ce n'est pas le cas partout : *« Ailleurs, on peut vous appeler d'un claquement de doigts,* dénonce Stéphanie, agente de service hospitalier. *Sans la moindre considération pour vous ni pour votre travail. »*

Cette manière particulière de diriger un service, Emmanuel Gyan l'a apprise aux côtés de Philippe Colombat, chef du pôle cancérologie-urologie du CHRU de Tours. Dès les années 1990, le professeur Colombat élabora et expérimenta un nouveau modèle de management : la démarche participative.

➔ LIRE LA SUITE PAGES 4-5

Quand le stress conduit à l'accident cardiovasculaire

Stress au travail, chronique ou post-traumatique : une étude américaine montre comment ces situations que nous subissons encombrent nos vaisseaux.

LIRE PAGE 2

La théorie du chaos appliquée aux épidémies

Le chaoticien Sylvain Mangiarotti propose un modèle pour analyser et gérer les grandes crises sanitaires. Son approche suscite le scepticisme.

LIRE PAGE 3

Entretien

Dans la tête des champions

Psychologue du sport, Hubert Ripoll étudie les émotions et motivations profondes des sportifs ou scientifiques de haut niveau. Pour comprendre ce qui détermine leur réussite.

LIRE PAGE 8

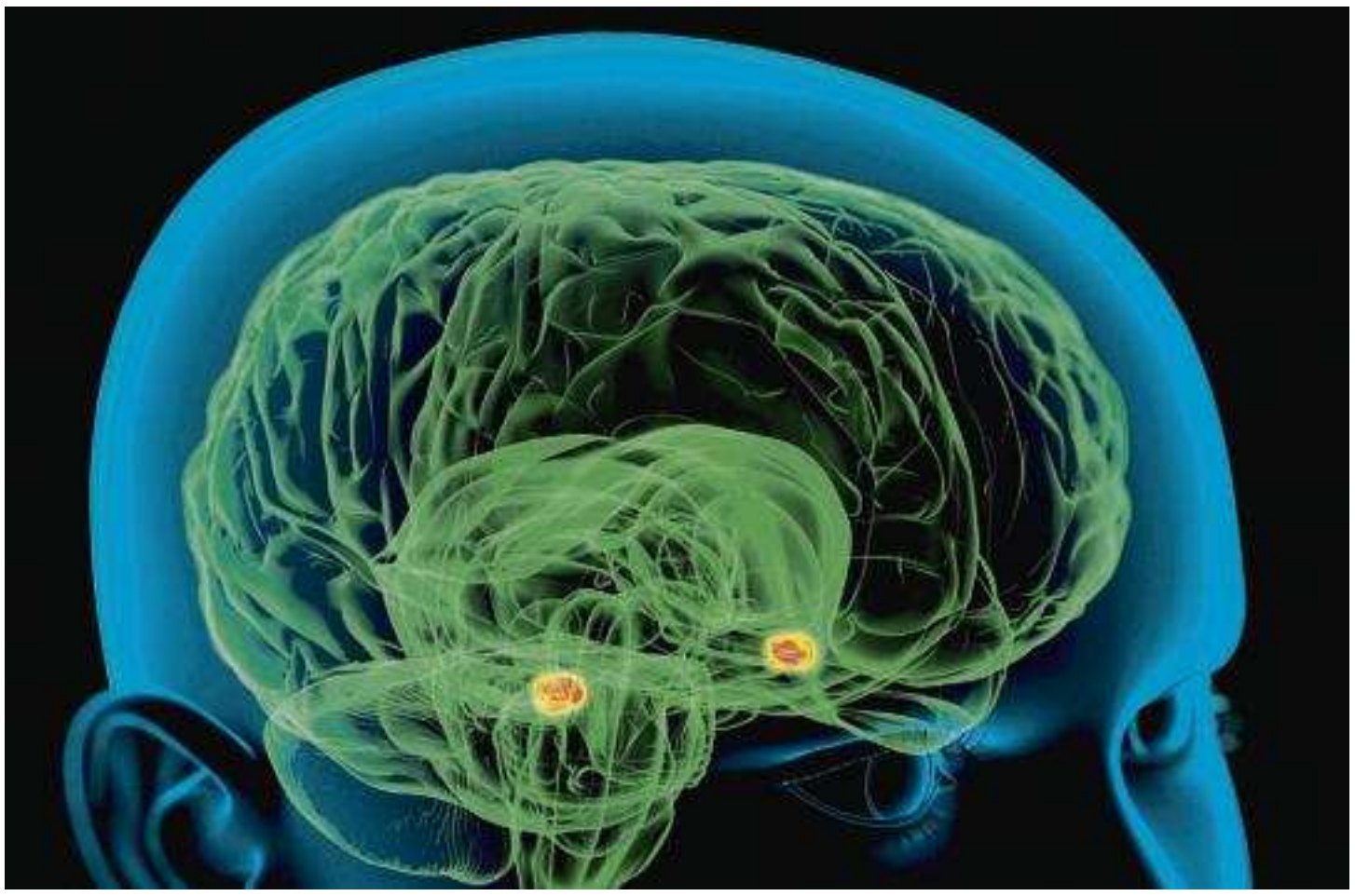
Comment le stress nous expose à l'accident cardiovasculaire

CARDIOLOGIE - Pour la première fois, une étude d'imagerie montre comment une situation de tension psychosociale, en activant une structure cérébrale, induit une inflammation dans nos artères qui accroît le risque d'infarctus du myocarde ou d'AVC

Comment *« changer notre angoisse et notre fardeau en aurore artérielle »* ? Pour le poète René Char (*Seuls demeurent*, 1945), la rencontre avec un inconnu avait cette vertu. Mais la réalité médicale est plus crue. Publiée le 11 janvier dans la revue *The Lancet*, une étude américaine révèle comment un stress que nous subissons, loin de se muer en *« aurore artérielle »*, obscurcit plutôt nos vaisseaux. Où l'on voit littéralement le stress activer notre amygdale, une aire primitive du cerveau impliquée dans la peur, puis déclencher une réaction inflammatoire qui dégénère en un dépôt de plaques de graisse (les « plaques d'athérome ») sur la paroi de nos vaisseaux. Cette cascade délétère, in fine, nous exposerait à un risque accru d'infarctus du myocarde ou d'accident vasculaire cérébral (AVC).

Est-ce vraiment un scoop ? Chez l'homme, *« les études épidémiologiques montrent depuis longtemps une association entre le stress et l'infarctus du myocarde »*, indique Alain Tedgui, qui dirige le Paris Centre de recherche cardiovasculaire (Inserm) à l'Hôpital européen Georges-Pompidou. Par exemple, le risque de faire un infarctus dans les vingt-quatre heures qui suivent le décès d'un proche est multiplié par 21.

Quant au risque d'infarctus lié à un stress chronique, *« il serait du même ordre de grandeur que le risque lié au tabac, à l'hypertension ou au diabète »*, relève le professeur Gabriel Steg, professeur d'épidémiologie à l'hôpital Bichat (Inserm, université Paris-Descartes). *« Ce risque est surtout documenté pour le stress au travail »*, renchérit Marcel Goldberg, professeur d'épidémiologie (Inserm, université Paris-Descartes).



Le stress active l'amygdale, une structure double du cerveau impliquée dans la peur (en jaune sur l'image), puis déclenche une réaction inflammatoire qui dégénère en un dépôt de plaques de graisse sur la paroi de nos vaisseaux. ROGER HARRIS/SPL/COSMOS

Mais comment un tel stress peut-il aboutir à un accident cardiaque ? Chez l'homme, les indices restaient indirects. Chez l'animal, on sait bien qu'un stress, en agissant sur le cerveau, déclenche une série de réactions dont le but, face à un danger vital, est de faciliter la fuite ou le combat. Par exemple, il provoque une hypertonie musculaire et une hyper-sécrétion d'hormones (cortisol ou adrénaline) par les glandes surrénales. Mais, surtout, il a un autre effet, découvert récemment. Dans un modèle de souris sensible à l'athérosclérose, un stress chronique stimule, par son action sur le cerveau, des cellules souches de la moelle osseuse. Il s'ensuit une libération, dans la circulation sanguine, de globules blancs pro-inflammatoires. D'où une inflammation de la paroi des artères, dont *« on sait qu'elle favorise l'initiation et la progression des plaques d'athérome, et leurs complications »*, dit Gabriel Steg.

« Cette nouvelle étude dresse un parallèle chez l'homme de ces découvertes chez la souris », résume Alain Tedgui. Grâce à l'imagerie fonctionnelle, elle *« objective le lien »* entre le stress et ce risque, estime Gabriel Steg, qui salue un travail *« extrêmement élégant, malgré un nombre de patients plutôt faible »*.

Ce travail a réuni des équipes de l'Ecole de médecine de Harvard, à Boston, et de l'Ecole de médecine du Mont Sinaï, à New York. Les auteurs ont analysé, de façon rétrospective, les données de 293 patients, âgés de 55 ans en moyenne. Parmi eux, 256 étaient suivis pour un antécédent de cancer. Ce suivi incluait une technique d'imagerie sophistiquée, le PET-CT, sur le corps entier. Elle combine une analyse de l'activité biologique des tissus, la tomographie par émission de positons (PET), à un examen de la morphologie des organes, la tomodensitométrie reconstituée par ordinateur. La première technique fait appel à un dérivé du glucose marqué au fluor radioactif, le FDG : *« Plus les cellules sont actives, plus elles incorporent le FDG »*, explique Alain Tedgui.

Au moment de cet examen, entre 2005 et 2008, aucun patient n'avait de cancer actif depuis un an ni de maladie cardiovasculaire avérée. Ces patients ont été suivis durant 3,7 ans en moyenne. Durant cette période, 22 ont subi un infarctus, un AVC ou un autre événement cardiovasculaire. En reprenant leurs données de PET-CT, les chercheurs ont trouvé une association importante entre le niveau d'activité de l'amygdale, celui de la moelle osseuse, l'inflammation de la paroi de l'aorte (ou de la carotide) et le risque d'accident cardiovasculaire. Cette association persistait, même une fois écartée l'influence des autres facteurs de risque : hypertension, tabac, diabète...

Au final, chez les patients montrant une activité élevée dans l'amygdale, le risque apparaît augmenté de 59 %. *« Cette étude identifie pour la première fois, chez l'homme, la région du cerveau* [l'amygdale] *dont l'activité est associée à un risque d'infarctus ou d'AVC »*, souligne Ahmed Takawol, premier auteur. Qui plus est, ces accidents survenaient plus tôt chez ceux qui avaient les plus hauts niveaux d'activité dans l'amygdale.

En parallèle, les auteurs ont mené une étude pilote chez treize patients ayant vécu un état de stress post-traumatique (ESPT). A l'aide d'un questionnaire, ils ont évalué la perception de leur état de stress. En parallèle, un examen de PET-CT était pratiqué. Résultat : plus le stress perçu était important, plus l'activité de l'amygdale était élevée et l'inflammation des artères, forte.

Le biais de la chimiothérapie

Cardiologue à l'Hôpital européen Georges-Pompidou, le professeur Xavier Jouven se dit *« enthousiaste »* et *« étonné »* par cette étude. Etonné, d'abord, par le faible effectif de patients : *« C'est un modèle statistique peu robuste. »* L'étude présente aussi de *« gros biais »* : 87 % des patients avaient un antécédent de cancer, 80 % avaient reçu une chimiothérapie. Or, ce traitement *« bouleverse l'activité de la moelle osseuse et de la paroi des artères »*.

Malgré ces limites, Xavier Jouven salue cette étude *« très jolie »*. Si elle a été publiée dans *The Lancet*, selon lui, c'est parce qu'elle *« sort des sentiers battus »* : elle établit des ponts entre la neurologie, la cardiologie et l'immunologie. Mais, *« il faudra confirmer ces résultats chez un plus grand nombre de patients qui n'ont pas souffert de cancers ni été traités par chimiothérapie »*.

Une étude prospective élargie, financée par les NIH (les instituts de la santé américains), sera bientôt lancée chez plus de 200 patients atteints d'ESPT, annonce Zahi Fayad, dernier coauteur de l'étude. *« Nous comparerons le risque cardiovasculaire chez ceux qui souffrent d'ESPT et chez ceux qui ont surmonté ce stress. »*

Quid des perspectives d'application médicale ? Pas question de proposer un dépistage du stress par PET-CT : cet examen expose les patients à un faible niveau de radioactivité – justifié, dans cette étude, par la surveillance d'un antécédent de cancer. Mais selon les auteurs, *« soulager le stress psychosocial pourrait améliorer l'athérosclérose, au-delà de ses bénéfices sur le bien-être »*. ■

FLORENCE ROSIER

Les bébés regardent comme des adultes

NEUROLOGIE - Les IRM le prouvent : dès 4 mois, le cerveau des nourrissons sait traiter différemment les visages et les scènes

Bien des parents trouveront ce résultat trivial, convaincus qu'ils sont que leur enfant les reconnaissait dès la naissance. Mais pour la science, l'étude que vient de mener une équipe du Massachusetts Institute of Technology (MIT), et que publie Nature Communications, représente un sérieux bond en avant dans la connaissance du développement humain. Le neurobiologiste Ben Deen et ses collègues ont en effet démontré que dès 4 mois, le cerveau du bébé traitait différemment les scènes et les visages. Plus précisément, ils ont établi que pour « regarder » ces deux types d'images, le nourrisson activait des zones distinctes du cortex cérébral, celles-là même que nous autres, adultes, utilisons.

La théorie de la spécialisation progressive du cerveau humain ne fait aucun doute dans la communauté scientifique. Mais quand et comment s'opère cette différenciation suscite des appréciations différentes, d'autant plus difficiles à trancher que les études expérimentales manquent. Les images par résonance magnétique (IRM) ont permis de faire des progrès notables. L'équipe de Ghislaine Dehaene-Lambertz (CEA) a ainsi montré que dès 3 mois, le bébé traitait le langage dans les mêmes zones cérébrales que l'adulte. Un résultat spectaculaire que les scientifiques américains ont voulu étendre à la sphère visuelle.

Pour cette dernière, la spécialisation précoce avait été proposée il a quelques années grâce à des images cérébrales obtenues par tomographie (PET scan). Mais cette technique manquait de précision. Des IRM avaient bien été réalisées sur des enfants de 5 ans, qui aboutissaient au même résultat. *« Mais entre 4 mois et 5 ans, il y a une différence considérable d'expérience visuelle et de développement cérébral,* souligne Ben Deen. *Que se passait-il entre les deux ? »*

« Prouesse méthodologique »

Afin de le savoir, les scientifiques américains ont dû surmonter une difficulté importante : le mouvement. S'il est effet possible de convaincre un enfant de 5 ans de ne pas bouger durant un scanner, c'est presque mission impossible avec un nourrisson. Pas question non plus d'utiliser des bébés endormis : ils continuent certes à percevoir les sons, mais pas les images... L'équipe du MIT a donc dû réaliser ce que Véronique Izard, neuroscientifique au CNRS, spécialiste du développement cérébral des nouveau-nés, qualifie de *« prouesse méthodologique »*. Elle a d'abord conçu un appareil spécifique. L'habituel casque, toujours impressionnant, a été remplacé par un siège incliné et un enregistreur s'adaptant parfaitement à la tête de l'enfant. Surtout, les techniciens sont parvenus à réduire les bruits assourdissants créés par le changement du gradient magnétique, propre à l'IRM. *« L'enfant n'a plus peur, le confort le rassure. Et les images que nous lui présentons sont colorées, accueillantes »*, ajoute Ben Deen. Enfin, un nouveau mode de traitement des données a permis d'écarter la plupart des perturbations liées aux mouvements de tête résiduels.

Sur les dix-sept enfants étudiés, neuf ont permis de recueillir des données. Et elles sont sans appel. Si visages et scènes agitent tous deux le cortex latéral occipital, les premiers sont aussi traités dans l'aire fusiforme dite « des visages » et dans le sulcus temporal supérieur, quand les secondes mobilisent le gyrus parahippocampique. Autrement dit, des zones bien distinctes, celles-là même que l'on voit s'activer chez l'adulte.

Mais un train ne peut-il pas en cacher un autre ? Est-ce bien la différence visage/scène qui provoque la distinction cérébrale ? *« Ce pourrait être une autre différence, par exemple le fait que dans les visages il y a plus d'arrondis, dans les scènes plus d'angles et de droites,* poursuit Ben Deen. *Nous avons testé cette hypothèse, et nous l'avons écartée. »*

Vision des non-voyants

Précoce, donc. Mais pas complètement « fini ». Ainsi les chercheurs du MIT ont-ils constaté que contrairement à ce qui se passe chez l'adulte, le cerveau du nourrisson ne dispose pas encore d'un traitement spécifique des objets ou des corps. Pourquoi une telle précocité pour les visages ? *« Lorsque le nouveau-né ouvre les yeux, il va voir un visage ; ceci va se répéter si souvent que l'on peut dire que le visage représente un élément omniprésent de son environnement »*, explique ainsi Olivier Pascalis, du Babylab de l'université Grenoble-Alpes.

Ben Deen va même un peu plus loin et n'exclut pas *« que cette spécificité existe dès la naissance »*. Ce que suggère plus directement Amir Amadi, professeur à l'Université hébraïque de Jérusalem, qui conduit depuis dix ans des travaux sur la « vision » des non-voyants. *« Les aveugles de naissance distinguent les catégories* [visages, lieux...], *alors même qu'ils n'ont aucune expérience visuelle »*, souligne-t-il. Inné ou acquis ? Le vieux débat reste décidément d'actualité. ■

NATHANIEL HERZBERG

Le chaos aux portes de l'épidémiologie

SANTÉ PUBLIQUE - Le chercheur Sylvain Mangiarotti a appliqué la théorie du chaos à la propagation d'Ebola en Afrique de l'Ouest entre 2013 et 2016. Son modèle est controversé

C'est comme si vous preniez un ruban dont l'épaisseur et la largeur varient et que vous le tordiez dans tous les sens, explique Sylvain Mangiarotti, chaoticien à l'Institut de recherche pour le développement (IRD). *C'est à ça que ressemble, dans mon modèle et en quatre dimensions, l'épidémie d'Ebola.»* Celle qui en 2014, en Afrique de l'Ouest, a tué 11 325 personnes. Selon le chercheur, son travail théorique paru fin 2016 dans la revue *Chaos* pourrait donner naissance à une famille d'outils mathématiques pour gérer ce type de crise sanitaire.

En 2014, lors de l'épidémie d'Ebola, un membre du personnel soignant à l'hôpital de Monrovia, au Liberia. DOMINIQUE FAGET/AFP

Pour comprendre l'intérêt de son approche, il faut remonter à la fin du XIXe siècle, en Inde. Après avoir montré que le moustique était le vecteur de la malaria, un médecin britannique, Ronald Ross (1857-1932), a l'idée d'utiliser les mathématiques pour décrire l'épidémie. Son modèle, très sommaire, coupe l'humanité en deux catégories : les infectés et ceux qui ne le sont pas. Il montre alors que les hommes et les moustiques sont pris dans le même cycle d'interactions : le taux d'infection dépend du nombre de piqûres par des moustiques infectés, chiffre qui dépend du nombre total de moustiques mais aussi d'humains infectés. Il conclut qu'il n'est pas nécessaire d'éradiquer les moustiques contrôler l'épidémie : il suffit d'en détruire assez. Ce travail est fondateur.

En 1905, les Britanniques mettent sur pied l'une des premières études épidémiologiques de l'histoire, à Bombay. *« Les épidémies de peste y survenaient de façon cyclique : elles apparaissaient tous les ans et disparaissaient dès qu'il faisait trop chaud sans que personne ne puisse l'expliquer »*, raconte Sylvain Mangiarotti. Pendant cinq ans, les Britanniques répertorient le nombre d'infections humaines, de rats noirs, de rats bruns, de moustiques, d'oiseaux, de cafards, de mouches, bref tout ce qui pourrait être un potentiel vecteur de maladie.

Dans l'entre-deux-guerres, ces bases de données permettent d'établir des modèles épidémiologiques utilisés encore aujourd'hui. Il s'agit des modèles dits SIR où l'humanité est scindée en trois compartiments : ceux susceptibles d'être infectés (S), les infectés (I) et ceux qui, morts ou guéris, peuvent être retirés du système (R). *« Dans ces modèles, seules les données humaines sont considérées, ce qui ne permet pas vraiment d'appréhender la complexité du phénomène.»* D'où l'idée de Sylvain Mangiarotti : passer l'intégralité des séries de données récoltées à Bombay entre 1894 et 1911 à la moulinette de la théorie du chaos, histoire de voir si une logique surgit.

Ce travail a été publié en 2015. *« Mon modèle a généré une série d'équations dont chacun des termes pouvait être interprété.»* Par exemple, l'une des variables minorant le taux d'infection semble correspondre au niveau de dératisation. *« Ce type d'interaction pointe des relations indirectes entre variables, ce qui permet de rendre compte du système dans sa complexité et de faire de l'ingénierie causale.»*

Pas de quoi convaincre Carine Brouat, spécialiste de la peste à l'IRD : *« Il n'y a aucun recul sur la qualité des données de l'époque (problème de détermination des rongeurs, de piégeage, etc.). Le cycle de transmission de la peste est mal compris et les liens qu'il pointe n'ont pas forcément de sens.»* Par exemple, selon elle, la dératisation ne s'accompagne jamais d'une réduction des infections. *« C'est même le contraire qui survient car les rats morts perdent leurs puces, principaux vecteurs de la maladie.»*

« Très intrigante »

« La façon dont ce modèle lie les rongeurs et les hommes reste pour autant très intrigante, assure Nils Christian Stenseth qui, à l'université d'Oslo, travaille sur la peste et sur Ebola. *Dans la nature, de petites perturbations peuvent avoir des effets importants et un tel modèle semble être un choix réaliste pour suivre les dynamiques à long terme des infections impliquant plusieurs hôtes et facteurs.»*

Sylvain Mangiarotti est allé plus loin, pour appliquer son approche à un plus petit nombre de séries temporelles. Il s'est mis à travailler sur les chiffres collectés par l'OMS lors de l'épidémie d'Ebola en Afrique de l'Ouest. Son modèle, très complexe dans sa dynamique mais paradoxalement très parcimonieux (quatre équations seulement) et rapide à générer, lui a permis d'analyser la dynamique de l'épidémie et d'identifier la phase initiale, celle de la propagation incontrôlée et celle où, enfin, l'épidémie est en phase de ralentissement. Et ce plusieurs semaines avant les méthodes classiques. Pour le chercheur, ces indicateurs pourraient être obtenus presque en temps réel et permettre une meilleure gestion des besoins en infrastructures, personnels ou matériels. *« Pour les maladies émergentes, cette approche pourrait en outre aider à mieux cerner les modes de transmission »,* conclut-il.

Un optimisme que ne partage pas Nils Christian Stenseth, ce dernier voyant mal comment un tel modèle peut être appliqué sur des maladies ne présentant pas de saisonnalité : *« De plus, les paramètres de ce genre de modèle me paraissent trop abstraits pour des objectifs de santé publique.»* ■

VIVIANE THIVENT

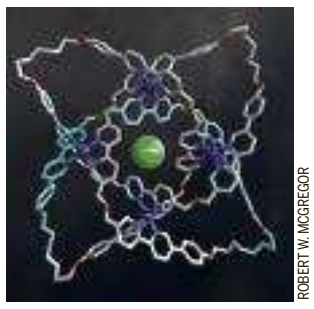
TÉLESCOPE

7 889

C'est le nombre moyen de pas quotidiens effectués par les Français en 2016, selon une enquête auprès d'un échantillon de 1 000 personnes, réalisée par OpinionWay et l'Institut de recherche biomédicale et épidémiologie du sport (Irmes). Ce niveau d'activité est en progression (+ 386 pas/jour par rapport à 2015), mais reste inférieur pour trois quarts d'entre eux aux recommandations de l'Organisation mondiale de la santé : 10 000 pas quotidiens. En moyenne, un adulte sur deux pratique une activité physique ou sportive (APS), la marche étant la plus populaire (38 %), devant le vélo (27 %) et le jogging (24 %). Chez les enfants de 6 à 17 ans, la proportion est de 69 % ; elle est plus élevée chez ceux dont les parents exercent une APS : 78 %, versus 61 % pour les enfants dont les parents n'exercent pas d'APS.

CHIMIE

Un nœud très serré



ROBERT W. MCGREGOR

Une équipe de l'université de Manchester a réalisé une prouesse chimique. Elle a noué en boucle une chaîne de 192 atomes en un nœud contenant huit croisements (*photo*). La molécule fait 20 nanomètres de diamètre seulement. L'exploit fait suite au prix Nobel de chimie 2016 qui a été accordé aux pionniers du genre, dont le Français Jean-Pierre Sauvage qui avait créé une molécule à trois croisements en 1989. La forme particulière de ces molécules pourrait en faire d'excellents catalyseurs.

› *Danon et al., Science, 13 janvier 2017.*

OPTOGÉNÉTIQUE

La prédation de la souris activée à volonté

Les vidéos sont saisissantes : une souris explorant paisiblement sa cage se jette soudain sur un insecte pour le dévorer. L'attaque a été déclenchée par l'allumage d'une lumière bleue transitant par une fibre optique pour éclairer des faisceaux de neurones dans le cerveau du rongeur. L'étude, menée par une équipe internationale, se fonde sur l'optogénétique, c'est-à-dire l'activation par la lumière de cellules nerveuses génétiquement modifiées pour répondre à une longueur d'onde particulière. Elle met en évidence deux localisations cérébrales impliquées dans les comportements de prédation, l'un de poursuite, l'autre de morsure.

› *Han et al., Cell du 12 janvier.*

Jouer du tambour à – 273 °C

PHYSIQUE - Cette température s'approche au plus près du zéro absolu, là où plus rien ne bouge

Les musiciens inuits sont battus. Des physiciens américains viennent de jouer du tambour à – 273 °C. Et même moins, à quelques dixièmes de millidegrés au-dessus du zéro absolu. Bien sûr, ce n'est pas la musique qui motive cette équipe du National Institute of Standards and Technology (NIST) au Colorado, mais l'exploration du comportement étrange d'objets macroscopiques refroidis à de telles températures. En l'occurrence, un disque d'aluminium de 20 micromètres de diamètre pour 0,1 micron d'épaisseur, vibrant faiblement dix millions de fois par seconde. L'espoir est de se rapprocher le plus près possible du calme absolu, la température nulle où plus rien ne bouge.

Lorsque de tels froids règnent, ces objets obéissent aux lois de la physique quantique. Par exemple, principe d'incertitude d'Heisenberg oblige, la membrane devient « floue » : impossible de savoir en même temps quelles sont les vitesses et positions d'un de ses points. On pourrait même un jour fabriquer un tambour dans deux états en même temps (vibrant et non vibrant). En 2010, une première équipe avait atteint un tel état, suivie en 2011 du groupe du NIST, qui vient désormais dans la revue *Nature* du 12 janvier de franchir une nouvelle limite.

Pour refroidir leur membrane, les chercheurs l'enferment dans une cavité, puis mettent l'ensemble au frais avec de l'hélium liquide à environ 0,02 degré au-dessus du zéro absolu. Ils introduisent des micro-ondes dans la cavité. Il se passe alors un phénomène bien connu, qui est que la membrane et l'onde dans la cavité essaient de s'ajuster ; les micro-ondes « pompant » de l'énergie au tambour qui du coup ralentit et donc refroidit. C'est comme envoyer des petites billes à la rencontre d'une grosse boule pour la freiner. Depuis plus de trente ans, des atomes sont ainsi refroidis par des lasers, pour fabriquer des horloges de grande précision.

Tam-tam quantique

Seulement ce processus a ses limites : la membrane prend aussi un peu d'énergie aux ondes et donc chauffe... Les chercheurs ont eu l'idée de modifier légèrement les micro-ondes en les comprimant, c'est-à-dire en supprimant parmi leurs petites fluctuations celles qui chauffent le tambour. Avec succès : ils ont fait mieux qu'une équipe concurrente, également du NIST, qui s'était en février heurtée à ce mur du chauffage résiduel. Alors que le tambour, précédemment, avait environ deux chances sur trois d'être dans son état figé, cette fois il a 80 % de chances de s'y trouver. *« C'est un joli travail qui combine pour la première fois des techniques d'optomécanique et de lumière comprimée »*, estime Pierre-François Cohadon, du laboratoire Kastler-Brossel à Paris. *« La méthode est prometteuse, car elle permet a priori de refroidir des objets plus gros pour lesquels c'est plus difficile.»*

La motivation initiale était de « geler » les objets afin d'en faire de meilleurs capteurs, notamment pour mesurer des déformations faibles, comme celles induites par le passage d'ondes gravitationnelles. Désormais, il s'agit de manipuler des objets quantiques pour des calculs ou communications plus performantes. Le tam-tam quantique commence à résonner. ■

DAVID LAROUSSERIE

Hôpital
Remettre l'humain au cœur des organisations

► SUITE DE LA PREMIÈRE PAGE

Une réponse à la déshumanisation des soins, qu'il constata en 1989 lorsqu'il devint chef de service : *« C'était la course aux nouvelles technologies. La prise en charge reposait sur la seule technique, au détriment de l'empathie envers le patient. Quant au personnel soignant, épuisé, il ne pouvait être à l'écoute des malades. »* Une situation toujours d'actualité, comme le pointe un récent rapport de l'Inspection générale des affaires sociales (IGAS) sur les risques psychosociaux à l'hôpital, et le soulignent les épisodes de crise récurrents, comme ceux engendrés par l'actuelle épidémie de grippe.

Précurseur, le médecin entreprit de remettre le patient au cœur du soin, tout en prenant en compte les difficultés du personnel. La démarche participative repose sur deux piliers. Le premier consiste à créer différents espaces d'échange au sein des équipes : des staffs où toutes les professions se réunissent pour échanger sur les patients, des formations internes et des réunions ponctuelles de soutien aux équipes lors de situations de crise. Avec un mot d'ordre, la pluriprofessionnalité : *« L'aide-soignante est celle qui en sait le plus sur le patient. Comment assurer une prise en charge personnalisée sans croiser son regard avec celui de l'infirmière et celui du médecin ? »*, interroge le professeur.

Le second pilier, c'est la démarche projet, qu'il présente comme une *« liberté d'inventer, donnée aux équipes pour améliorer une situation »*. Un outil utilisé récemment par le service d'hématologie et de thérapie cellulaire pour répondre à l'insatisfaction des patients vis-à-vis de leur nourriture. Aides-soignantes, infirmières, aide-hôtelière et diététicienne se sont réunies pour trouver des solutions. Plusieurs pistes ont été explorées. D'abord, les assiettes en porcelaine ont remplacé les barquettes en plastique. Dans un second temps, les soignants ont développé le concept d'alimentation plaisir : grâce à l'achat de surgelés à haute qualité gustative, les patients en soins palliatifs ont pu bénéficier de plats spécifiques. Depuis, ces propositions de terrain ont été pérennisées.

« Redonner aux soignants le pouvoir d'agir leur apporte reconnaissance et responsabilisation », souligne Philippe Colombat. En 2008, la démarche participative est devenue obligatoire dans les services comportant des soins palliatifs. En revanche, elle s'est peu développée ailleurs. *« Pourtant, elle pourrait s'appliquer à toutes les spécialités prenant en charge des maladies chroniques complexes, là où les regards croisés sont indispensables à l'accompagnement du patient »*, plaide le professeur. Mais ce modèle de management de proximité ne peut se mettre en place qu'à l'échelle du service, sous l'impulsion du chef et du cadre. Et, d'après Philippe Colombat, les résistances sont fortes : *« Elles viennent surtout des manageurs, qui ont une certaine image du pouvoir. La plupart appliquent un mode de management directif, majoritaire à l'hôpital. »*

Faire plus avec moins

En effet, à deux pas du pôle cancérologie-urologie, la réalité semble tout autre. Dans certains services du CHRU de Tours, depuis quelques mois, grèves et manifestations marquent le mécontentement du personnel. En cause, d'après leurs représentants : un management malmenant, l'absence de dialogue et, surtout, le manque de personnel. *« Un jour, j'ai mis vingt minutes pour répondre à la sonnette d'une patiente. Mes collègues et moi étions débordées. Vingt minutes seule dans sa chambre, c'est long,* s'émeut une infirmière du service de gynécologie. *Une autre fois, j'étais avec une patiente qui venait juste d'apprendre que son pronostic vital était sérieusement engagé : elle avait besoin de parler, mais je n'avais pas le temps. Je me suis excusée et je suis partie. De telles situations ne devraient pas exister. J'adore mon métier, mais je ne supporte plus les conditions dans lesquelles je l'exerce. »* Le manque de temps auprès des malades et un rythme de travail insoutenable, c'est aussi ce que dénonçaient infirmiers et aides-soignants lors de la manifestation nationale du 8 novembre 2016. Une mobilisation qui faisait suite aux suicides de cinq infirmiers l'été précédent, liés d'après leurs proches à leur travail.

Il faut dire que le mal-être des soignants au travail est prégnant, particulièrement chez les infirmiers : 72 % d'entre eux se sentent exploités, d'après la Direction de la recherche, des études, de l'évaluation et des statistiques (Drees). Pourtant, les effectifs hospitaliers et les dépenses de santé continuent leur progression. En 2016, l'Etat augmentait de 1,3 milliard d'euros les moyens accordés aux établissements de santé. Mais, cette hausse ne suffisant pas à financer la croissance de l'activité, elle s'est accompagnée d'une baisse de 1 % des tarifs des soins remboursés par l'Assurance-maladie aux hôpitaux. Il faut donc faire plus avec moins de moyens, et ce n'est pas nouveau : entre 2005 et 2009, la Drees constatait déjà une hausse de 11 % de l'activité des établissements publics dotés d'une capacité d'hospitalisation en court séjour, alors que les effectifs n'augmentaient que de 4 %. *« Difficile de savoir si c'est le signe d'une meilleure organisation ou d'une intensification du travail du personnel »*, analyse Frédéric Moatty, sociologue au Centre d'études de l'emploi et du travail (CEET). En tout cas, l'enquête qu'il mène auprès de médecins et de soignants fait ressortir une profonde insatisfaction : *« Ils expriment un grand malaise, un sentiment de travail sous pression »*, insiste le sociologue. Malaise illustré par Marie-Laure Cognard, aide-soignante au CHRU de Tours et déléguée syndicale (SUD) : *« Cela fait trente-deux ans que je travaille à l'hôpital et je n'ai jamais connu des conditions si déplorables. La rotation des patients s'est accélérée. Lorsque je dois*

> **« LES PROFESSIONNELS DE SANTÉ DÉTIENNENT DES RESSOURCES DORMANTES ET INEXPLOITÉES QUI NE DEMANDENT QU'À ÊTRE VALORISÉES »**
> OLIVIER LIAROUTZOS
> SOCIOLOGUE (ANACT)

« L'APPROCHE COMPTABLE DU SOIN A DES EFFETS PERVERS »

Spécialiste de la santé et du travail, Marc Loriol est sociologue à l'unité mixte de recherche Institutions et dynamiques historiques de l'économie et de la société (Idhes-Paris-I). Depuis une vingtaine d'années, il analyse la construction sociale de la souffrance et du bien-être au travail.

Que pensez-vous de la stratégie nationale d'amélioration de la qualité de vie au travail lancée en décembre dernier ?

Les pouvoirs publics ressortent de vieilles recettes qui existent depuis 1991. Cette année-là, les infirmières manifestaient pour dénoncer leurs conditions de travail et les problèmes d'effectifs. En réaction, l'Etat proposait déjà une série de mesures centrées sur la gestion psychologique du stress et du burn-out dans les hôpitaux. Mais depuis, la situation s'est aggravée. Cette stratégie s'attaque aux conséquences des problèmes, et non pas à leurs causes. Loin d'avoir tiré les leçons du passé, les pouvoirs publics mettent un cautère sur une jambe de bois.

Comment la situation s'est-elle aggravée ?

Depuis une trentaine d'années, les réformes successives visent à améliorer la performance économique des hôpitaux. Déjà, à partir de 1983, chaque établissement se voyait doté chaque année d'une enveloppe de fonctionnement limitative, ce qui pouvait l'amener à rationner son activité. Mais la principale rupture est venue de la tarification à l'activité, introduite à partir de 2004 dans le cadre du plan « Hôpital 2007 ». Avec la médicalisation des systèmes d'information, chaque patient est intégré dans un groupe homogène de malades, lié à une durée de séjour et un coût qui vont déterminer le financement. Si le patient est hospitalisé plus longtemps, l'établissement perd de l'argent.

Cette gestion par indicateurs influence la prise en charge médicale et conduit à une vision économique du soin. Prenons l'exemple d'un service d'urgences : la vision médicale voudrait que l'on prenne d'abord en charge le patient ayant le plus grave problème. Mais si neuf autres personnes attendent pour de petits soucis rapidement soignés, les traiter en priorité donnera de meilleurs résultats sous l'angle d'un indicateur : le temps d'attente moyen aux urgences.

Ce sont les effets pervers d'une approche comptable, qui ne tient compte ni de la complexité des soins ni de leur dimension humaine. Aussi, des enjeux de pouvoir se cachent derrière les arguments économiques : en transformant des indicateurs de santé en indicateurs de gestion, on donne plus de pouvoir aux administrateurs d'établissement. Quant aux soignants qui doivent renseigner ces indicateurs et obtenir de bons résultats, ils ont le sentiment de perdre le sens et la qualité de leur travail et de ne pas être reconnus par leurs pairs. D'autant que le collectif de travail est fragilisé par les restructurations et le recours accru aux emplois précaires (CDD, intérim, contrats aidés).

Comment s'attaquer aux causes profondes de ces difficultés rencontrées par les soignants ?

Il faudrait d'abord prévoir un plan pour adapter les effectifs aux besoins, qui vont augmenter avec le vieillissement de la population. Ensuite, passons d'une forme autoritaire de contrôle économique à un système basé sur la confiance et la responsabilisation des soignants et des médecins : les solutions viendront de l'intérieur, par un débat interne au sein des services. Le personnel est à même de réfléchir lui-même à son travail et aux économies réalisables. D'autant qu'il y a une marge de manœuvre, la désorganisation du travail causant une perte de temps.

Renforcer la coopération entre soignants, favoriser les temps de transmission et stabiliser les équipes sont autant de leviers à activer pour reconstruire les collectifs de travail. ■

PROPOS RECUEILLIS PAR N. PI.

Au CHRU de Tours, dans le service d'hématologie et thérapie cellulaire, le 13 janvier. Le professeur Emmanuel Gyan (ci-contre, devant l'écran) y a mis en place une organisation participative : aides-soignantes, infirmières, internes, art-thérapeute… Tous dialoguent pour adapter au mieux le traitement des patients. Le personnel peut également mener des projets. Parmi ceux récemment développés : l'amélioration des plateaux-repas. CYRIL CHIGOT/DIVERGENCE POUR « LE MONDE »

enchaîner les désinfections, je n'ai plus le temps de voir les malades. Je ne m'y retrouve plus. Pour la première fois de ma carrière, j'ai envie de partir. »

Globalement, la Drees note pourtant une amélioration des conditions de travail entre 2003 et 2013 dans les établissements de santé. En témoigne le recul de 68 % à 64 % du nombre de salariés déclarant devoir toujours ou souvent se dépêcher. Même si ce pourcentage reste élevé, serait-ce le signe d'une embellie ? Frédéric Moatty se garde de toute conclusion hâtive : *« Déjà, les indicateurs de cette enquête ne tiennent pas compte des évolutions spécifiques à l'hôpital, comme la rotation des patients ou la dégradation de leur état de santé. Deuxième chose : la difficulté des conditions de travail ne date pas d'aujourd'hui. L'année 2003 correspondait déjà à une période délicate marquée par le passage aux 35 heures. »*

Expériences de terrain

En réponse aux récentes mobilisations, la ministre de la santé Marisol Touraine a lancé en décembre dernier une stratégie nationale d'amélioration de la qualité de vie au travail. Apportera-t-elle des solutions ? *« Aucune stratégie ne réglera les problèmes tant qu'il n'y aura pas de moyens humains supplémentaires »,* martèle François Baudry, délégué SUD, à l'image de plusieurs organisations professionnelles qui ont froidement reçu cette annonce. Cette stratégie de long terme vise à faire de la qualité de vie au travail une nouvelle priorité politique : développement de la médecine du travail, détection et prise en charge des risques psychosociaux, amélioration des conditions de travail, formation des manageurs… L'un des dix engagements présentés consiste à *« redonner plus de place à l'écoute, à l'expression et aux initiatives individuelles ou collectives au sein des équipes ».* Illusoire ? *« Pas du tout,* répond Olivier Liaroutzos, responsable des expérimentations à l'Agence nationale pour l'amélioration des conditions de travail (Anact). *Bien sûr, la question des effectifs reste incontournable, mais les professionnels détiennent des ressources dormantes et inexploitées, qui ne demandent qu'à être valorisées. »*

Depuis mars 2016, 79 établissements de santé participent à un programme lancé par l'Anact, le ministère de la santé et la Haute Autorité de santé : il s'agit de « clusters sociaux », animés par les agences régionales de santé (ARS) et les associations régionales pour l'amélioration des conditions de travail (Aract). L'objectif : expérimenter sur le terrain des démarches d'amélioration de la qualité de vie au travail dans un champ particulier, comme la performance des blocs opératoires ou les espaces de discussion. En Normandie, un cluster de six établissements a travaillé sur le développement de la chirurgie en ambulatoire. Parmi les constats posés par le collectif : l'augmentation du taux de rotation des patients entraîne des difficultés d'organisation et un surcroît de travail pour les soignants, qui s'éloignent des patients. Face à ces difficultés, deux établissements ont décidé d'expérimenter une nouvelle fonction, qui consiste à coordonner l'accueil, les soins et la sortie des patients. L'objectif est double : éviter les interruptions de tâches et permettre aux soignants de se consacrer aux malades.

« Ces clusters reposent sur la création d'espaces de discussion au sein des équipes. Le personnel retrouve ainsi le pouvoir de s'exprimer et d'agir sur son travail », remarque Assia Milan, chargée de mission à l'Aract Normandie. A condition de certains principes listés par Olivier Liaroutzos : *« Le premier, c'est le dialogue interprofessionnel : tous les métiers doivent se parler. Ensuite, ces temps d'échange doivent s'inscrire dans les circuits traditionnels de concertation et de décision. Grâce à une démarche participative claire et honnête, le personnel peut constater la prise en compte de sa contribution. »* Instaurer de tels espaces est aussi au cœur du Programme d'amélioration continue du travail en équipe (Pacte) de la Haute Autorité de santé : une expérimentation nationale menée auprès de 70 équipes, qui met l'accent sur le travail en équipe pour sécuriser la prise en charge du patient.

« Le lien entre qualité de vie au travail et qualité des soins est scientifiquement prouvé. Le travail en équipe, le management de proximité ou les espaces de discussion sont des ressources qui placent l'activité dans un cercle vertueux, rapporte Véronique Ghadi, chef de projet à la Haute Autorité de santé. *C'est un changement de paradigme : on sort d'une vision descendante du management, pour redonner aux personnels soignants, sur le terrain, le pouvoir d'agir sur le contenu de leur activité. Ils sont experts de leur propre travail. »* A l'heure où les tensions se cristallisent autour des groupements hospitaliers de territoire, nouveau mode de coopération entre établissements de santé publics issu de la loi de santé 2016, ces expériences ouvrent le champ des possibles pour remettre l'humain au cœur des réorganisations. ■

NATHALIE PICARD

Le burn-out des médecins, sujet tabou

Mardi 10 janvier, le ministère de la santé rendait public un rapport de l'Inspection générale des affaires sociales (IGAS) sur les risques psychosociaux (RPS) chez les médecins des hôpitaux publics. Un sujet tabou, indique le document : *« Jusqu'à très récemment, les RPS concernant le personnel médical hospitalier étaient soit passés sous silence, soit non décelés, voire même niés. »* Le suicide, fin 2015, du professeur Mégnien, cardiologue à l'hôpital Georges-Pompidou, changera-t-il la donne ? En tout cas, il met au jour une réalité pointée par l'IGAS : les médecins ne sont pas épargnés par ces difficultés, et elles ont un impact sur leur santé et sur la qualité des soins. Face à ce constat, l'inspection formule des propositions : un pilotage national des politiques liées aux risques psychosociaux, la mise en place de dispositifs d'écoute et de médiation ou le développement de la formation au management. Nombre de ces préconisations rejoignent les engagements de la stratégie sur la qualité de vie au travail.

UN LABEL HÔPITAUX « AIMANTS »

Et si nous nous intéressions au travail sous l'angle du bien-être ? Telle est l'approche promue par les *magnet hospitals* (« hôpitaux magnétiques » ou aimants), des établissements capables d'attirer et de fidéliser du personnel qualifié. Le concept est né aux Etats-Unis au début des années 1980, en pleine pénurie de soignants. En étudiant des hôpitaux réputés pour leur attractivité, des chercheurs ouvraient un nouveau champ de recherche, dont le dynamisme ne s'est pas essoufflé depuis. *« Ces travaux ont permis, entre autres, de déterminer quels contextes organisationnels et managériaux caractérisent ces établissements »,* indique Matthieu Sibé, maître de conférences en sciences de gestion à l'Institut de santé publique, d'épidémiologie et de développement (université de Bordeaux).

Dès 1990, les professionnels se saisissent des premiers résultats : l'American Nurses Credentialing Center (le centre d'accréditation des infirmiers américains) élabore un label qui distingue les « hôpitaux magnétiques ». En 2015, environ 7 % des hôpitaux américains sont accrédités. Qu'est-ce qui caractérise de tels établissements ? *« Déjà, une culture du soin centrée sur les besoins du patient. Ensuite, un leadership transformationnel, qui motive les soignants et leur donne envie de s'engager. Le management participatif, lui, les place en capacité d'agir sur leur travail. Quant au climat relationnel entre les médecins et les soignants, il doit permettre une collégialité dans la prise de décision : une relation sur un pied d'égalité, chacun dans son expertise »,* liste Matthieu Sibé. A cela s'ajoutent la reconnaissance de l'expertise des soignants, le développement de leur autonomie et de leur formation. Aussi, les effectifs doivent être adaptés à la charge de travail.

Des services pilotes en France

Trois décennies de recherche ont confirmé les bénéfices de cette approche : fidélisation du personnel, plus grande satisfaction et implication au travail, meilleure qualité des soins, baisse des taux de mortalité chez les patients… Un modèle transposable en France ? *« Certains éléments le sont, comme la gouvernance et la prise de décision au plus près du soin. Mais d'autres ne correspondent pas à la réalité française »,* analyse Christophe Debout, chercheur et infirmier anesthésiste. Quant au contexte économique, il ne joue pas en faveur d'une telle transposition. Entre déficit de personnel et réorganisation des hôpitaux, *« l'adaptation du système français passe par la flexibilité des soignants, auxquels on demande toujours plus de polyvalence »,* note Frédéric Moatty, chargé de recherche au Centre d'études de l'emploi et du travail. A l'inverse, les « hôpitaux magnétiques » misent sur leur spécialisation et leur expertise.

En Europe, divers travaux ont analysé les liens entre l'environnement de travail des soignants, leur bien-être et la satisfaction des patients. Le projet « ARIQ » – attraction, rétention, implication des infirmières et qualité des soins – a permis d'adapter au contexte belge les facteurs vertueux tirés de la recherche sur les *magnet hospitals.* Pourtant, peu d'établissements français s'inspirent de ces démarches. L'Assistance publique-Hôpitaux de Paris (AP-HP) vient de se lancer dans une telle réflexion, nourrie des recherches sur les *magnet hospitals* et la qualité de vie au travail : *« L'enjeu est de permettre aux équipes, en s'organisant collectivement, de gagner en autonomie. Nous nous appuyons sur le cadre et le chef de service, qui réinstallent des espaces d'échanges au sein de leur service. La clé, c'est le lâcher-prise managérial : sortir d'un système hyper-contrôlé et faire confiance aux manageurs de proximité »,* avance Etienne Grass, directeur du pilotage de la transformation. Au premier semestre, six services pilotes, situés dans six des douze groupes hospitaliers de l'AP-HP, vont travailler sur l'organisation de leur travail à partir d'un diagnostic partagé. Pour Matthieu Sibé, de telles initiatives méritent d'être repérées et diffusées : *« Il est temps de sortir d'une approche pathogénique et de s'appuyer sur une vision positive de l'organisation du travail. »* ■

N. PI.

L'EXPOSITION

Les maths dépoussiérées

Le Musée des sciences de Londres ouvre une nouvelle salle consacrée aux mathématiques. Une réussite

Quel est le point commun entre un avion de 1929, une machine pour calculer la cote des chevaux dans les courses hippiques et un gratte-ciel situé au cœur de la City ? Réponse, selon le Musée des sciences de Londres : les mathématiques. Ces trois objets ont été conçus grâce à l'apport de cette science pure. Le prestigieux musée londonien a ouvert le mois dernier une nouvelle salle permanente consacrée aux mathématiques, pour s'ingénier à les rendre accessibles et concrètes. *« Il ne s'agissait pas d'expliquer de longs théorèmes, mais de montrer que les mathématiques ont façonné le monde qui nous entoure »*, explique David Rooney, le conservateur.

La précédente salle consacrée aux maths, ouverte en 1975, était vieillotte et dépassée. *« Elle avait tendance à repousser ceux qui ne connaissaient pas les maths »*, se rappelle M. Rooney, qui n'est pas mathématicien mais un passionné de l'histoire des sciences. On y trouvait entassé plus de six cents objets arides, allant des équerres aux instruments de géomètre, qui ne pouvaient guère exciter que les puristes acquis à la cause. La nouvelle salle, dénommée Winton Gallery, a choisi de ne pas présenter une seule équation et de réduire le nombre d'objets à une grosse centaine, pour essayer de démontrer le rôle essentiel des mathématiques dans la vie quotidienne. Son financement a été assuré par un don de 5 millions de livres sterling (5,75 millions d'euros) d'une personne qui a directement bénéficié des mathématiques : David Harding, le fondateur du fonds d'investissement Winton, qui a fait fortune grâce aux modèles mathématiques qu'il a appliqués à la finance.

La nouvelle salle a été créée par l'architecte star Zaha Hadid, décédée l'an dernier. Elle a choisi d'installer en son centre un avion de 1929, mis au point lors d'un concours destiné à rendre les appareils volants plus sûrs. A l'époque, l'aviation était encore trop risquée pour que le trafic aérien commercial se développe vraiment. La compréhension de l'aérodynamisme, modélisé grâce aux mathématiques, a permis de largement régler le problème, en installant le long des ailes des « becs d'attaque », ces lamelles oscillant au décollage et à l'atterrissage. Zaha Hadid a fait construire de larges blocs symbolisant le mouvement de l'air autour de l'avion.

La Winton Gallery est intéressante par son éclectisme, montrant des exemples très divers de l'application des mathématiques, de l'architecture à l'astronomie, en passant par une fascinante machine à eau pour expliquer l'économie (on verse de l'eau en haut et on actionne les leviers « impôts », « dépenses de l'Etat », « épargne » pour voir la performance finale du produit intérieur brut). *« Pendant longtemps, les gens se définissaient comme "astronome et mathématicien" ou "horloger et mathématicien"*, rappelle M. Rooney. *Ce n'est que plus tard que ce terme s'est réduit aux universitaires qui travaillent sur les maths pures. Cette science était bien plus large. »* Cette nouvelle salle est là pour le rappeler. ■

ÉRIC ALBERT (LONDRES, CORRESPONDANCE)

LIVRAISON

La revue internationale *Addiction* consacre un numéro spécial, dont le premier auteur est l'expert en addictologie Thomas Babor, à l'exposition massive des jeunes au marketing offensif des alcooliers et à l'inefficacité des mesures prises jusqu'ici. Les articles montrent que les jeunes sont de plus en plus exposés à ce marketing alors que l'alcool est la principale cause de décès et de handicaps chez les hommes de 15 à 24 ans presque partout dans le monde, et chez les femmes du même âge dans les pays occidentaux. Les experts, dont l'Association nationale de prévention en alcoologie et addictologie en France, demandent l'interdiction complète de la publicité et du sponsoring.
> *Revue « Addiction », janvier 2017 (en anglais).*

BAPTÊME DU VIDE

Vendredi 13 janvier, Thomas Pesquet a eu son vrai baptême du vide : il a passé cinq heures et cinquante-huit minutes hors de la Station spatiale internationale (ISS), où il effectue un séjour de six mois en tant qu'astronaute de l'Agence spatiale européenne. Le Français a travaillé en duo avec l'Américain Shane Kimbrough, pour changer une série de batteries de l'ISS. *« C'était l'activité la plus délicate de la mission jusqu'à présent »*, a tweeté le quatrième Français à effectuer une sortie extra-véhiculaire. *« Le selfie de l'espace, passage obligé*, a-t-il aussi indiqué dans le commentaire accompagnant ce cliché *(photo). C'est un sentiment inoubliable d'être son propre vaisseau spatial ! »* Il faisait allusion à son EMU (extravehicular mobility unit), le scaphandre américain doublé d'un sac à dos qui gère la respiration, les communications et assure la survie dans ce milieu hostile, où la température peut aller de + à – 150 °C entre le jour et la nuit, qui alternent toutes les quarante-cinq minutes…
(NASA/ESA)

IMPROBABLOLOGIE

VIE ET MORT DES BONNES RÉSOLUTIONS DU JOUR DE L'AN

Par PIERRE BARTHÉLÉMY

Plus de deux semaines se sont écoulées depuis le Jour de l'an et il est temps de dresser le premier bilan de vos bonnes résolutions – certains ont déjà probablement laissé tomber, comme l'auteur de ces lignes qui s'était pourtant promis, juré, de ne plus associer le nom de Donald Trump au summum de la crétinerie, mais le principe de réalité l'a emporté. Le 1er janvier, c'est en effet l'heure du nouveau départ, comme si nous pouvions redevenir aussi neufs que l'an et décider, au moment où se dissipent les vapeurs d'alcool du réveillon, de ne plus médire de notre chef ou de ressortir le vélo d'appartement de la cave, histoire de perdre enfin ces bourrelets de trop.

Mais est-ce que ça marche, prendre de bonnes résolutions ? Plusieurs travaux ont tenté de répondre à la question. Cependant, comme l'a fait remarquer une étude américaine publiée en 2002 par le *Journal of Clinical Psychology*, la plupart de ces expériences ne disposaient pas de groupe témoin : elles ne comparaient pas le succès (ou l'échec) des « résolus du Nouvel An » avec les performances des quidams qui avaient décidé un beau matin, pour retrouver la ligne, d'arrêter les tartines au cassoulet au petit déjeuner.

Pour savoir si les résolutions du Jour de l'an étaient plus faciles à tenir que celles prises n'importe quand dans l'année, les trois auteurs de cette étude, chercheurs à l'université de Scranton en Pennsylvanie, ont téléphoné à près de 1 300 personnes de leur Etat entre le 26 et le 31 décembre 1995 afin de leur demander si, primo, elles avaient envie de résoudre un des problèmes de leur existence et si, secundo, elles étaient d'accord pour jouer les « cobayes ». Au bout du compte, les scientifiques se sont retrouvés avec 159 sujets ayant décidé de repartir d'un bon pied dans la vie le 1er janvier suivant et 123 qui ne se disaient pas « le changement, c'est maintenant » mais avaient tout de même envie d'améliorer un truc un jour… Les bonnes résolutions tenaient pour l'essentiel en trois catégories peu originales : perdre du poids, arrêter la cigarette, faire du sport.

Et l'expérience a commencé. A quatre reprises pendant le semestre qui a suivi (après une à deux semaines ; après trois à quatre semaines ; après trois mois ; après six mois), les chercheurs ont téléphoné à leurs 282 « cobayes » âgés de 18 à 85 ans, pour savoir si les résolus tenaient bon et si les autres avaient décidé de s'y mettre. Les participants estimaient eux-mêmes l'évolution du processus : succès total ; en grande partie réussi ; en grande partie raté ; complètement foiré, j'ai pris 10 kilos et remis mon vélo d'appartement à la cave où est sa vraie place.

Comme on pouvait s'y attendre, la proportion de sujets triomphants a diminué au fur et à mesure que l'expérience a avancé. Ils étaient 71 % à n'avoir pas craqué au bout de quelques jours et 46 % après six mois. Et que s'est-il passé dans le groupe témoin ? Les 51 % qui, peut-être motivés par l'expérience, avaient décidé de passer à l'acte dans les premiers jours de janvier ont vite fondu : en juillet, seuls 4 % des membres du groupe témoin essayaient encore de se départir d'une ou de plusieurs mauvaises habitudes… Tous les autres faisaient du lard sur leur canapé.

Profiter du changement d'année pour tenter un changement de vie semble donc conférer un surcroît de détermination. Pour les auteurs de l'étude, l'expérience donne tort à Oscar Wilde qui, dans *Le Portrait de Dorian Gray*, écrivait, à propos des bonnes résolutions : *« Leur origine est de pure vanité et leur résultat est nul. »* ■

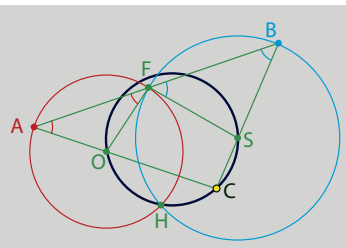
AFFAIRE DE LOGIQUE 992

Liste rouge

Bob a écrit sur une feuille de papier, dans l'ordre, les nombres entiers de 1 à 18, tous en noir sauf trois consécutifs d'entre eux qu'il a écrits au stylo rouge.
Pour les deviner, Alice remet à Bob des « listes » de nombres.
Une fois toutes les listes reçues, Bob indique à Alice, pour chacune d'entre elles, combien la liste contient de nombres rouges.
Combien Alice doit-elle donner de listes à Bob, au minimum, pour être certaine, une fois la réponse de Bob reçue, de deviner quels sont les trois nombres rouges ?

SOLUTION DU N° 991

Charlotte parcourt le cercle passant par trois points remarquables : l'orme O, le saule S et le hêtre H.
On va étudier pour cela l'angle OCS. Ci-contre, le schéma dans un premier cas, celui où Charlotte est au-dessous de la droite (OS).
Alors, dans le triangle ABC, l'angle ACB = OCS est égal à 180° moins la somme CAB + CBA.
Or, CAB = OAF = OFA (car le triangle AOF est isocèle en O), de même que CBA = SBF = SFB.
OCS = OFS est bien constant.



Ainsi, Charlotte décrit *l'arc capable* situé sous la droite (OS) depuis lequel elle voit OS sous l'angle (fixe) OFS.
Un autre point remarquable appartient à cet arc de cercle : le hêtre H.
En effet, par symétrie d'axe (OS), on a l'égalité d'angles : OFS = OHS.

Mais lorsque Charlotte passe au-dessus de la droite (OS), on obtient un autre cas de figure.
On montre alors que l'angle OCS reste égal au supplémentaire de l'angle OFS.
Charlotte continue donc à se déplacer sur le cercle circonscrit au triangle fixe OHS.

ÉLISABETH BUSSER ET GILLES COHEN © POLE 2017 affairedelogique@poleditions.com

Un mois de janvier riche en événements mathématiques

• **« Le goût des maths » dans les bibliothèques de Paris jusqu'au 25 février**
Une superbe initiative vient d'être lancée dans près de cinquante bibliothèques de la Ville de Paris. Il s'agit de consacrer l'essentiel des animations des mois de janvier et février aux mathématiques. Ateliers pour petits et pour grands, expositions, conférences, tables rondes, rencontres… il y en aura pour tous les goûts.
Pour la fin de janvier, voici une sélection de quelques moments forts.
- Mercredi 18 janvier à 19 h, bibliothèque André Chedid (15e), Mickaël Launay, le maintenant célèbre animateur de la chaîne YouTube *Micmath*, très présent sur cet événement, animera une « conférence aléatoire ».
- Le même Mickaël Launay fera, jeudi 26 janvier à 18 h 30, à la bibliothèque Europe (8e), une conférence sur l'histoire des mathématiques inspirée de son dernier livre *Le grand roman des maths* , paru chez Flammarion.
- Ce jour-là à 19 h, à la médiathèque Marguerite Yourcenar, un débat, animé par la journaliste Sylvie Gruszow (France Culture), mettra en présence, autour du thème « La langue des maths », Stella Baruk, connue pour ses livres sur l'importance du langage dans la compréhension des mathématiques (elle vient de publier au PUF *Les Chiffres, même pas peur*), et Bertrand Hauchecorne, auteur chez Ellipses du livre *Les Mots et les maths* et rédacteur en chef de *Tangente* . Le magazine *Tangente* est d'ailleurs partenaire de l'événement et son prochain numéro (paraissant lundi 23 janvier) proposera, entre autres, un dossier sur « Langage et maths ».
Programme complet sur bibliotheques.paris.fr/Default/le-gout-des-maths.aspx
• **Le reste de l'actualité mathématique**
- Conférence « Poincaré et la robotique » à Paris le 18 janvier, dans le cadre du cycle « Un texte, un mathématicien » à la Bibliothèque nationale de France.
- Conférence « La formule de Stokes, héroïne de roman » à Rouen le 26 janvier à 20h30 à l'Hôtel de Région, dans le cadre de la onzième édition des forums régionaux du savoir, par Michèle Audin, mathématicienne et écrivaine.

CARTE BLANCHE

Explorer la topologie algébrique

Par ÉTIENNE GHYS

Un collectif d'une quinzaine de mathématiciens, baptisé Henri Paul de Gervais, vient de mettre en ligne un site Internet intitulé Analysis Situs : Analysis-situs. math. cnrs. fr. Le contenu de ce site ne s'adresse pas aux néophytes mais à des étudiants de master en mathématiques ainsi qu'aux professionnels. Il s'agit d'un exemple de ce que peut apporter Internet à l'enseignement supérieur. On connaît les MOOC, « massive open online courses » en anglais, ou FLOT « formations en ligne ouvertes à tous » en français, mais dans le fond il s'agit encore de cours avec un enseignement linéaire, de la première leçon à la dernière.

Analysis Situs propose une autre approche aux étudiants. Même s'il s'agit de mathématiques, et qu'il faut bien sûr tirer des conclusions à partir d'hypothèses, le site n'est pas organisé de A à Z. Il propose au contraire une grande quantité d'informations, un peu dans le désordre, dans laquelle l'étudiant peut se promener et choisir son propre parcours, selon ses goûts et ses connaissances. Il y a un peu de tout : des textes, des figures, mais aussi de petits films d'animation, des conseils de lecture, des anecdotes, ainsi qu'une trentaine d'heures de cours filmés. L'avenir dira si ce genre d'« objet pédagogique » peut se révéler efficace.

La dénomination vient de l'*Analysis Situs*, l'ancien nom de la topologie algébrique, qui représente un thème de recherche actif dans les mathématiques contemporaines. Vers 1670, Leibniz est fasciné par les idées de Viète et Descartes qui permettent de traduire des questions de géométrie en formules d'algèbre. Une courbe n'est plus une courbe, mais une équation : c'est le début de la géométrie algébrique. Leibniz rêve de réaliser quelque chose d'analogue avec des formes. Un cercle et un ovale ne sont pas identiques mais ils ont la même forme.

Peut-on manipuler ces choses algébriquement ? Au final, Leibniz aura principalement baptisé *Analysis Situs* cette science qu'il n'est pas parvenu à faire éclore. Il faudra attendre Henri Poincaré qui publiera six mémoires extraordinaires sur le sujet entre 1895 et 1904, fondant ainsi une nouvelle science. L'*Analysis Situs* utilise des formes simples, comme des sphères, mais aussi des choses plus compliquées comme la bande de Möbius, cette bande de papier qui n'a qu'une seule face, ou la bouteille de Klein qui n'a ni intérieur ni extérieur, ainsi que leurs analogues en dimensions 3, 4, etc.

Comprendre par l'histoire

Le parcours proposé aux visiteurs de ce site est historique, avec trois entrées : par les œuvres, par les exemples ou par un cours moderne. Il s'agit de revenir aux textes originaux de Poincaré, de les commenter, de dénicher les joyaux – mais aussi les erreurs – et de les expliquer avec des méthodes d'aujourd'hui. Les mathématiques se comprennent mieux à la lumière du développement progressif des idées. Le dernier paragraphe du dernier article de Poincaré sur ces questions se termine par une conjecture dont il dit « *qu'elle l'entraînerait trop loin* ». Il avait raison : la conjecture de Poincaré n'a été résolue qu'en 2003, près de cent ans après avoir été posée, en dépit du grand nombre de tentatives infructueuses.

Voici un énoncé simple qui peut donner une petite idée de la nature de la topologie algébrique. Prenez un crayon et dessinez sur une feuille de papier une courbe qui se referme. La courbe peut être très compliquée et se recouper elle-même à de multiples reprises. Vous obtenez alors une sorte d'échiquier irrégulier possédant un certain nombre de cases limitées par la courbe. Maintenant, essayez de faire comme sur un véritable échiquier, c'est-à-dire de noircir certaines cases en faisant en sorte que deux cases qui sont limitrophes soient de couleurs différentes. Eh bien, l'un des premiers théorèmes de topologie algébrique affirme que c'est toujours possible. Mes lecteurs parviendront-ils à le démontrer ? ■

Etienne Ghys, mathématicien,
directeur de recherche au CNRS,
à l'Ecole normale supérieure de Lyon.
etienne.ghys@ens-lyon.fr

Le sport sur ordonnance, une occasion ratée ?

TRIBUNE - La loi du 26 janvier 2016 permet la prescription d'activités physiques et sportives aux personnes en affections de longue durée. Mais la sortie du décret d'application, le 31 décembre, a balayé d'un bloc les espoirs suscités par le texte

Les activités physiques et sportives (APS) sont reconnues depuis de nombreuses années par de sérieuses publications scientifiques internationales, comme un soin complémentaire permettant d'aider et d'améliorer l'efficience des traitements allopathiques.

Pour favoriser l'intégration de ces pratiques de manière pérenne dans le champ de la thérapeutique et en particulier au profit des personnes en affections de longue durée (ALD), les députés ont voté la loi du 26 janvier 2016 (de modernisation du système de santé) qui prévoit la prescription du « sport sur ordonnance ». L'esprit de cette loi était de reconnaître, prescrire et rembourser les APS (activités physiques et sportives) comme le sont aujourd'hui la rééducation fonctionnelle ou la réadaptation à l'effort. Restait à attendre son décret d'application.

En tant qu'acteurs de terrain intervenant quotidiennement depuis seize ans auprès de tous les patients touchés par un cancer, nous espérions dans la mise en place de cette loi, une réponse concrète à la fois à un besoin de santé publique et à une nécessaire évolution de notre système de soins.

La loi, par la reconnaissance des APS, permettait le déploiement de ces pratiques pour des patients en phase aiguë afin d'élargir le spectre des prises en charge et optimiser les pratiques pour leur garantir une action thérapeutique. Par la prescription, c'est-à-dire l'orientation d'un patient par le médecin vers une personne ou un organisme référent dans la pratique des APS, elle donnait aux professionnels du sport et des activités physiques l'accès au champ de santé pour mieux répondre aux besoins et demandes et mettre en place une coordination des différents types d'exercices. Enfin, par le remboursement des séances d'APS, elle garantissait la stabilité d'un modèle économique pour en favoriser le déploiement et assurer une équité financière et territoriale d'accès pour les patients.

Las ! La sortie du décret d'application, samedi 31 décembre 2016, a balayé d'un bloc tous ces espoirs en n'osant pas proposer les conditions de mise en place totales imaginées par cette loi. En cela, le ministère de la santé est resté fidèle à ces maladies françaises récurrentes : le jacobinisme viscéral, la peur permanente du changement, la défiance de la modernité, le compromis à tous crins.

Opération marketing

Le décret s'est limité à définir les compétences requises des professionnels pour l'encadrement des APS. Il fait la part belle aux professionnels de santé dont l'enseignement de ces pratiques n'est pas le métier et maintient la place de ces dernières dans le champ d'une prévention « *pour réduire les facteurs de risque et les limitations fonctionnelles* ». Au lieu de faire évoluer le système, le décret reprend en l'état les statuts, fonctions et formations initiales et il évite surtout de donner les moyens financiers pour inclure les APS dans les parcours de soins.

LE DÉCRET ÉVITE DE DONNER LES MOYENS FINANCIERS POUR INCLURE LES ACTIVITÉS SPORTIVES DANS LES PARCOURS DE SOINS

Le ministère de la santé a donc choisi l'immobilisme enrobé d'une opération de marketing à l'image des grandes promesses qui débouchent trop souvent sur de trop petites évolutions. Ce faisant, il signe un coup d'arrêt à toute la filière du « sport-santé ». En évitant soigneusement l'aspect financier de la prise en charge de ces programmes, il ne peut garantir ni la pérennité des actions, ni l'implication des acteurs, ni l'efficacité réelle des séances d'APS proposées. Il renonce, de fait, à son devoir de solidarité par l'accroissement des inégalités d'accès à ces pratiques pourtant importantes pour de nombreux patients. En laissant aux villes, régions, agences de santé, réseaux de soins, structures de santé et associations la lourde responsabilité des financements, il favorise une politique locale aux dépens d'une politique générale avec les disparités territoriales que l'on connaît. Il prive, également, notre pays de se doter de programmes performants coordonnés, structurés, contrôlés, validés, évaluables et identifiés pour les soignés et les soignants.

On peut se féliciter de la timide avancée du projet « sport-santé » ou déplorer la résignation de son ambition. Nous espérions, grâce à la mesure dite « sport sur ordonnance » de la loi, le lancement d'une dynamique marquée par l'intégration d'une pratique reconnue dans le parcours de soins, la modernisation de notre système de santé, une prise en charge plus globale des patients, la création d'emplois, l'arrivée de nouveaux acteurs.

Pour cela, il était nécessaire d'acter la reconnaissance et le remboursement des séances d'APS, seul gage d'efficience. A l'heure où le débat sur l'avenir de l'Assurance-maladie s'engage, ces pratiques sont une réponse à la fois sur des enjeux d'accompagnements thérapeutiques et sur une diminution des coûts de santé. Les littératures scientifiques internationales le disent et le redisent : il y a un véritable impact social, clinique et économique à les mettre en place. Un décret en ce sens, portant un tel message de santé publique aurait relevé d'un vrai courage politique. Mais il semble que le queuillisme ait la faveur de nos gouvernants. C'est dommage. ■

¶
Jean-Marc Descotes,
cofondateur de la Fédération nationale
CAMI Sport et Cancer

Le supplément « Science & médecine » publie chaque semaine une tribune libre. Si vous souhaitez soumettre un texte, prière de l'adresser à sciences@lemonde.fr

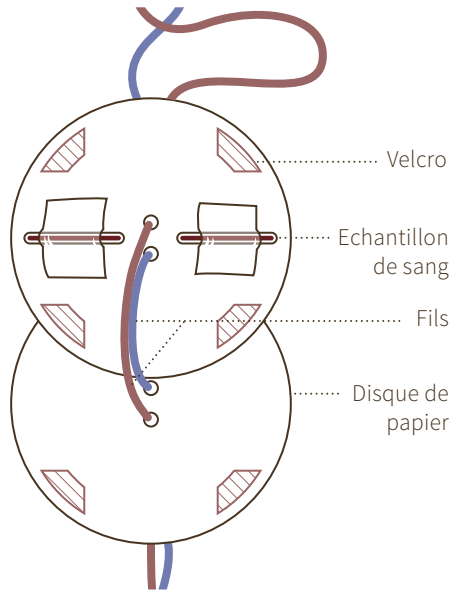
UNE CENTRIFUGEUSE LOW COST

Un jouet vieux de plusieurs millénaires, présent dans de nombreuses cultures, a inspiré à une équipe de Stanford le principe d'une centrifugeuse bon marché. Comme avec cette « toupie » inuit, datant de la fin du XIXe siècle, il suffit d'un double fil traversant pour mettre celui-ci en rotation rapide, et engendrer un vrombissement caractéristique.

Assemblage

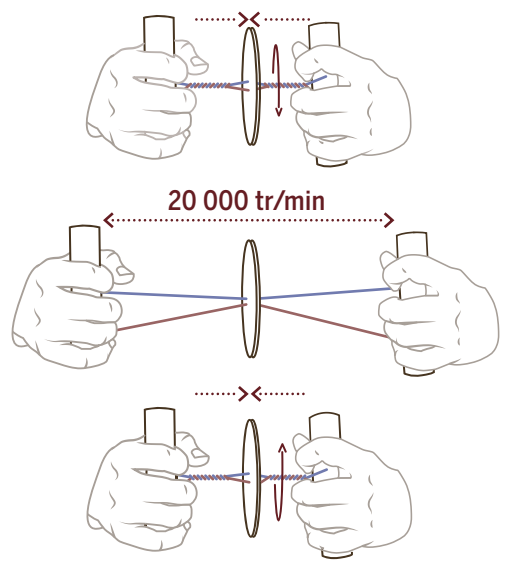
Pour la fabrication du Paperfuge, on prend deux disques de papier, entre lesquels sont fixés des échantillons de sang.

Deux trous percés au centre des disques laissent passer deux ficelles, qui sont ensuite enroulées entre elles. Des poignées permettent d'actionner le dispositif.



Centrifugation

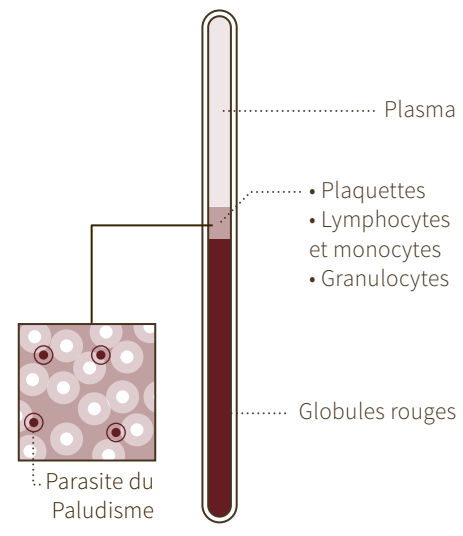
L'utilisateur applique des forces horizontales à la manière d'un joueur d'accordéon. L'enroulement et le déroulement successifs des ficelles vont mettre le dispositif en rotation. On peut ainsi atteindre des vitesses de 20 000 tr/min pour un disque de 5 cm de rayon – et jusqu'à 125 000 tr/min pour des disques plus petits. Les centrifugeuses médicales électriques tournent à 15 000 tr/min.



Analyse

En moins d'une minute trente, les différents composés du sang sont séparés.

Pour la détection du parasite du paludisme, l'échantillon de sang doit cependant être maintenu en rotation pendant quinze minutes. Ensuite, le parasite est facilement identifiable dans la couche contenant les plaquettes et les lymphocytes. Mais un microscope à fluorescence – qui nécessite une source d'électricité – est tout de même nécessaire.



INFOGRAPHIE : VICTORIA DENYS

SOURCE : MANU PRAKASH, *NATURE BIOMEDICAL ENGINEERING*

Une équipe de l'université de Stanford (Californie) décrit dans *Nature Biomedical Engineering* une centrifugeuse fabriquée pour un coût total de 20 centimes ! Ce type d'appareil permet de séparer différents composés d'un mélange en fonction de leur densité en les soumettant, par rotation, à une force centrifuge. Il est notamment utile pour les analyses sanguines mais il nécessite une alimentation électrique et son coût est normalement très élevé. Ainsi, les pays sous-développés doivent souvent se contenter de moyens précaires comme des essoreuses à salade, dont les performances sont très limitées.

La nouvelle centrifugeuse, baptisée « Paperfuge » par Manu Prakash et son équipe, permet d'obtenir des résultats à la hauteur de ceux des onéreuses centrifugeuses industrielles et sa fabrication est extrêmement simple. Monique Gueguen, médecin biologiste chez Médecins sans frontières, émet cependant une réserve : *« Cet instrument est intéressant pour détecter des phénomènes tels que la déshydratation, mais sa sécurité doit être améliorée car les risques de projections de sang semblent assez élevés. »* ■

DONOVAN THIEBAUD

« Les champions ont beaucoup à nous apprendre »

ENTRETIEN - Fondateur du premier laboratoire de psychologie cognitive appliquée au sport, Hubert Ripoll étudie le mental des athlètes, mais aussi des artistes et des créateurs

Psychologue du sport, Hubert Ripoll est ancien président de la Société française de psychologie du sport. Il a créé le premier laboratoire français de psychologie cognitive appliquée au sport au sein de l'Insep (Institut national du sport, de l'expertise et de la performance). Il est l'auteur de plusieurs essais, dont *Le Mental des champions* (Payot, 2008), *Le Mental des coachs* (Payot, 2012) et *La Résilience par le sport* (Odile Jacob, 2016).

Hubert Ripoll à Marseille, , le 14 décembre 2016, devant l'œuvre de Bernar Venet « Désordre ».
ADAGP PARIS 2017. PATRICK GHERDOUSSI/DIVERGENCE POUR « LE MONDE »

Vous étudiez la psychologie des numéros un dans leur domaine : athlètes, sportifs de haut niveau avec handicap, entraîneurs, et même créateurs. Pouvez-vous expliquer votre démarche ?

En tant que sportif, professeur d'éducation physique, puis entraîneur et surtout chercheur, j'ai été au contact d'athlètes toute ma carrière. J'ai vite compris que les numéros un sont des personnes exceptionnelles, dans tous les sens du terme, qui peuvent nous apprendre beaucoup. Il y a une dizaine d'années, j'ai commencé en interrogeant longuement un panel de champions pour mieux comprendre les déterminants de leur réussite. Au-delà du contexte sportif, j'explore de plus en plus la question des émotions, celle des motivations profondes. Un champion a d'abord été un petit garçon ou une petite fille, et le moteur de son investissement dans un sport n'a pas été la taille de ses biceps ou ses capacités respiratoires. Il a été inspiré par quelque chose, et c'est cela qui m'intéresse. De même pour les créateurs – artistes, scientifiques… –, que j'ai fait remonter à leurs premières émotions créatrices. Quel que soit le domaine, mon objectif est de comprendre, d'apporter de la connaissance.

En pratique, comment procédez-vous ?

La méthodologie est toujours la même : je croise un contenu théorique avec des expériences singulières. Pour chaque enquête, je passe beaucoup de temps à étudier la littérature scientifique sur le sujet. Puis je sélectionne les individus que je souhaite étudier, et je regarde tout ce qui a été écrit sur eux ou par eux. Je prévois toujours un échantillon suffisamment large : des hommes et des femmes, de culture différente, qui pratiquent des disciplines différentes… Si avec cette diversité je retrouve des caractéristiques communes, c'est probablement qu'elles existent au-delà de mon échantillon. Quand je vais interviewer mes sujets, je pars avec une mallette de questions, mais c'est très ouvert et interactif, il ne s'agit pas de tests psychologiques. Je me laisse aller là où ils m'emmènent, car c'est souvent quand j'arrive dans des territoires auxquels je ne suis pas préparé que cela devient le plus riche.

Qu'est-ce qui vous a le plus frappé dans le mental des sportifs de haut niveau ?

L'un des éléments importants est la relation entre le profil motivationnel et la réussite, mais aussi la capacité à affronter les échecs. Il y a schématiquement deux types de sportifs : ceux qui sont surtout motivés par l'activité et le souhait de progresser ; et ceux qui sont mus par l'ego, la performance. Parmi les seize qui ont participé à ma première enquête, des individus comme Frank Dumoulin, champion olympique de tir au pistolet, ou encore Laura Flessel, championne olympique et du monde d'escrime, se classent clairement dans la première catégorie. Dumoulin, par exemple, m'avait confié que sa motivation n'avait jamais été le résultat pour le résultat, la médaille ou la gloire ; mais le désir de se surpasser, de trouver ses limites. Au cours de ce travail, j'ai rencontré seulement deux athlètes pour qui le sport importait moins que l'affirmation de l'ego qu'ils pouvaient en tirer : Guerlain Chicherit, champion de monde de ski freeride, et Bruno Martini, champion du monde de handball. Il se trouve que ce sont les deux seuls qui ont eu des difficultés en rapport avec le stress. Et chacun a dû apprendre à le dépasser. Un tel profil rend plus vulnérable aux échecs. A chaque compétition, le sportif guidé par son ego doit en effet réussir pour se prouver qu'il est le meilleur et il se met en jeu lui-même, au risque d'une blessure narcissique s'il est battu.

Un autre sujet qui me passionne est celui des états modifiés de conscience. La première fois que l'un d'entre eux m'en a parlé, c'était dans les années 1980. Depuis, des travaux de recherche ont montré que 60 % des athlètes connaissent des états de conscience modifiée, ou états de grâce, et peuvent les reproduire. Ce phénomène survient quand l'individu est en tension maximale, dans une compétition, jamais à l'entraînement. Il s'agit d'une sensation d'euphorie, d'une distorsion de l'espace et du temps proche de celle décrite par certains yogis, ou de personnes sous l'influence de substances opiacées. C'est un processus que j'ai envie d'explorer. Evidemment, il n'est pas possible d'avoir recours à l'imagerie cérébrale chez des sportifs en pleine action. L'idée est de leur demander de repérer ces états d'aisance particulière, et de les caractériser le plus précisément possible. Cela pourrait ainsi permettre de faciliter leur survenue.

Votre dernière enquête porte sur des sportifs de haut niveau avec un handicap physique : leur mental est-il différent ?

L'une des questions initiales était de savoir s'il existe chez eux la même typologie de motivation, centrée sur l'ego ou sur l'accomplissement, que chez les valides. Les 24 athlètes que j'ai rencontrés étaient tous orientés vers une recherche d'accomplissement personnel, de maîtrise. Ce sont des individus plus équilibrés que tous les autres numéros un que j'ai rencontrés, sans angoisse de réussite ou d'échec. Bien sûr le handicap est une tragédie, un combat permanent, mais en tant qu'individu, jamais je n'ai jamais autant côtoyé un sentiment de bonheur, de joie de vivre, qu'avec ces champions de handisport. Finalement, les sportifs valides ont sans doute des choses à retirer des expériences de leurs camarades avec handicap, et c'est à eux que j'adresse mon livre.

Qu'en est-il chez les créateurs ?

Leur mental, que j'ai étudié pour *Enquête sur le secret des créateurs,* présente des points communs avec celui des sportifs, mais l'une des grandes différences tient à la durée de leurs carrières respectives. Les athlètes sont au maximum de leur potentiel entre 20 et 30 ans, alors que les créateurs peuvent être à leur apogée à 80 ans. D'une manière générale, la motivation des sportifs finit par s'émousser. Peut-être en raison de leur charge d'entraînement, gigantesque, qui demande une ascèse permanente. Peut-être aussi parce qu'ils ont pu se réaliser par leurs médailles. Ils savent de toute façon que le temps travaille contre eux, ce qui n'est pas le cas des créateurs, qui gagnent en assemblage ce qu'ils perdent en potentiel. Par exemple, Auguste Renoir, bien que très handicapé par une polyarthrite, n'a jamais cessé de peindre, jusqu'à ses derniers instants.

Par ailleurs, les créateurs « bricolent » leurs routines mentales de manière plus volontaire que ne le font les champions. Scientifiques ou artistes, beaucoup ont mis au point leur stratégie de préparation la plus favorable à l'émergence du processus créatif. Ainsi, le mathématicien Etienne Ghys *[contributeur à ce supplément]* m'a dit qu'il avait besoin de bruit ambiant, et qu'il n'avait jamais été aussi inspiré que dans le métro new-yorkais. Le physicien Albert Fert, lui, évoque des promenades où tout un petit monde – qu'il appelle son « paysage », se met en place, ce qui peut générer ses intuitions. Les sportifs ont énormément de rituels, millimétrés, mais, peut-être parce qu'ils sont plus jeunes, ils ont moins de recul sur leur fonctionnement que les créateurs.

Quel est votre prochain sujet d'étude ?

Je voudrais reprendre l'enquête sur le mental des champions, qui date de dix ans. Depuis, les connaissances ont évolué et les athlètes se sont renouvelés. J'aimerais en particulier pouvoir m'entretenir avec deux spécialistes du tennis : Roger Federer et Marion Bartoli. Federer est l'exemple typique de l'individu qui fait du sport pour s'accomplir. C'est un cas unique par sa longévité, sa capacité à revenir. Marion Bartoli est son pendant. Elle a eu une carrière extrêmement difficile socialement et humainement parlant, compte tenu des relations avec son coach principal, son père. Voilà quelqu'un qui gagne le tournoi de Wimbledon *[en 2013]* et qui annonce qu'elle démarre une nouvelle carrière. Un mois plus tard, elle arrête tout parce que son corps la lâche.

Le soutien psychologique fait-il partie intégrante du suivi d'un sportif de haut niveau ?

En France, aujourd'hui, quasiment tous ont d'une façon ou d'une autre un accompagnement psychologique avec un professionnel autre que leur entraîneur. Mais la question du psy, longtemps taboue dans notre pays, n'est pas encore réglée. Dans certains cas, la prise en charge psychologique se fait à l'insu de l'entraîneur, ce qui est problématique. C'est l'une des lacunes du système français, pourtant l'un des meilleurs du monde, de par l'encadrement de la performance par les structures d'accueil, la compétence des entraîneurs, la gestion de l'après-carrière. ■

PROPOS RECUEILLIS PAR SANDRINE CABUT

COLLECTION
« VOYAGE DANS LE COSMOS »

Les boucles, solution de la gravité quantique ?

Ce sont les signaux parmi les plus mystérieux jamais détectés. Les « fast radio bursts » (FRB), ces sursauts visibles dans le spectre radio, qui ne durent que quelques millisecondes mais témoignent de phénomènes aussi puissants que des millions de soleils, ont été détectés à plusieurs reprises entre 2007 et 2015. A ce jour, l'origine de la plupart de ces signaux demeure une énigme, mais des physiciens se demandent s'ils ne pourraient pas valider ce qui n'est pour l'heure qu'une théorie, la gravitation quantique à boucles.

Vilain petit canard de la physique, la gravitation ne cadre pas avec les trois autres forces fondamentales de la nature. Les forces nucléaires faible et forte ainsi que la force électromagnétique sont toutes trois décrites par la physique quantique, dans le monde de l'infiniment petit. Formulée par la relativité générale d'Einstein, la gravité régit quant à elle les interactions à grande échelle, entre les étoiles, les galaxies. Mais dès qu'on tente de l'intégrer dans le monde quantique, c'est un échec : les équations n'ont plus alors ni queue ni tête. Or les physiciens ont besoin d'unifier relativité générale et physique quantique afin de décrire le point, appelé singularité, où la densité d'énergie tend vers l'infini et à partir duquel l'Univers s'est créé lors du Big Bang. Ou encore pour savoir ce qui se trame dans la singularité existant au centre d'un trou noir. Cela nécessite une gravité fonctionnant à l'échelle microscopique, une gravité dite quantique.

Pour y parvenir, les chercheurs explorent depuis les années 1930 de nombreuses pistes théoriques, dont celle de la gravitation quantique à boucles, formulée pour la première fois dans les années 1980. Elle suggère que l'espace ne peut être divisé à l'infini, qu'il y a des « grains » élémentaires d'espace, minuscules (d'environ 10^{-35} mètre). Cet espace granulaire serait constitué d'une multitude de lignes d'espace-temps qui se referment sur elles-mêmes, formant des boucles. Et cette théorie, cohérente de l'avis de nombreux astrophysiciens, pourrait se voir validée grâce aux FRB.

Mini-trous noirs

Pour comprendre pourquoi, il faut remonter à l'Univers primordial. Celui-ci *« était soumis à d'importantes fluctuations de température, et nous pensons qu'au-delà d'un certain seuil de fluctuations, des mini-trous noirs se sont formés*, explique Carlo Rovelli, du Centre de physique théorique de l'université de Marseille. *Il existerait donc dans l'Univers une population de mini-trous noirs très anciens. Or, une des prédictions de la gravité quantique est que ces mini-trous noirs peuvent exploser. Et ces explosions devraient produire des rayonnements de très grande puissance. Des signaux très semblables aux FRB… »* Cette similitude ne prouve pas pour autant que les boucles sont la solution au problème de la gravité quantique. D'autant plus que, début janvier, l'origine de FRB 121102, un des 17 FRB détectés à ce jour, a été identifiée : il émane d'une galaxie naine située à 3 milliards d'années-lumière de la Terre. Mais l'origine des 16 autres demeure un mystère. Pour savoir si certains d'entre eux sont générés par l'explosion de mini-trous noirs et si la gravitation quantique à boucles a raison, il faudra observer et analyser bien des sursauts radio rapides. Tout autour du monde, de nombreux télescopes sont justement en train d'être équipés pour les capter. L'expérience Chime (Canadian Hydrogen Intensity Mapping Experiment), au Canada, devrait notamment être capable d'en observer 12 par jour quand elle entrera en service fin 2017. ■

LOUISE MUSSAT

9,99 €, en vente le 18 janvier.