

CARTE
BLANCHELe retour à l'école
des mathématiciens

Par ÉTIENNE GHYS

Ça va bouger dans le petit monde des mathématiques ! A l'occasion du 80^e anniversaire du CNRS, l'Institut national des sciences mathématiques et de leurs interactions a proposé à Jean-Michel Blanquer que l'année 2019-2020 soit déclarée « Année des mathématiques ». Le ministre a accepté l'offre et l'événement sera inauguré le 2 octobre 2019 dans le grand amphithéâtre de la Sorbonne. Quand on y songe, il s'agit d'une petite révolution : les chercheurs en mathématiques, traditionnellement cantonnés dans leur tour d'ivoire, vont tenter d'entrer en contact avec le monde enseignant. Un certain nombre de sous-communautés n'interagissent en effet que très peu : enseignants-chercheurs du supérieur, enseignants du secondaire et enseignants du primaire.

L'année 2018 a vu la publication d'un rapport Torossian-Villani proposant « 21 mesures pour l'enseignement des mathématiques ». Ces mesures sont plus ou moins consensuelles, mais il reste à les mettre en pratique et cette Année des mathématiques voudrait aller dans ce sens. Le rapport est ambitieux : « Il s'agit d'améliorer l'image des mathématiques dans la société, de faire baisser la dimension de crainte, voire de souffrance, bref de réconcilier les Français avec les mathématiques. » Cela ne va pas être facile, mais l'enthousiasme des organisateurs, réunis mercredi 19 février à Lyon, est à la mesure de l'enjeu. Heureusement, on ne part pas de zéro. Par exemple, depuis plus de vingt ans, la fondation La Main à la pâte développe des pédagogies, dites « d'investigation », pour l'enseignement des sciences au primaire et au lycée, et s'intéresse depuis peu aux mathématiques.

Création de 200 « labo-maths »

Voici quelques exemples de projets qui devraient être réalisés pendant cette année.

Tout d'abord, en ce qui concerne le primaire, la difficulté majeure est qu'une large majorité des professeurs des écoles n'ont pas bénéficié d'une véritable formation scientifique. Le ministère annonce la mise en place en 2019 de 1000 référents mathématiques. Il s'agira d'enseignants spécialement formés pour accompagner dans chaque circonscription les professeurs des écoles qui seraient sujets à la crainte ou à la souffrance évoquées plus haut.

Le CNRS va encourager, probablement avec force, chacun de ses 41 laboratoires de mathématiques à organiser des journées de formation dans leurs locaux pour les enseignants de collège et de lycée. Il s'agira d'ateliers ou de conférences présentant des domaines de recherche actuels et proposant des transpositions possibles dans les classes, illustrant la formidable vivacité des mathématiques contemporaines, si peu présente dans les manuels scolaires. Ce n'est pas une idée complètement neuve, car les instituts de recherche sur l'enseignement des mathématiques fonctionnent de cette manière depuis cinquante ans, mais il s'agit de passer à une vitesse supérieure.

Le grand mathématicien Emile Borel en avait rêvé au début du XX^e siècle : équiper les lycées de laboratoires de mathématiques, au sein desquels les élèves pourraient manipuler, créer, ou modéliser des objets mathématiques. Ce rêve avait été ravivé il y a vingt ans par Jean-Pierre Kahane, décédé récemment. L'année 2019 verra la création et le financement par le ministère de 200 de ces « labo-maths ». C'est un début significatif, même s'il est modeste, car on compte plus de 4000 lycées en France. Il faudra s'assurer que les financements continueront. Ces laboratoires seront des lieux où les enseignants pourront actualiser leur formation, par exemple à l'occasion de visites de chercheurs venus leur présenter des travaux récents. Il était temps qu'un certain nombre d'entre eux remettent les pieds sur Terre, au contact de la « vraie vie », c'est-à-dire dans des lycées. Je connais plusieurs de mes collègues à qui ce contact avec la réalité fera le plus grand bien. ■

Etienne Ghys

Mathématicien, secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences, directeur de recherche (CNRS) à l'ENS Lyon.
etienne.ghys@ens-lyon.fr

Greffe de foie : il y a des solutions
pour répondre à la pénurie

TRIBUNE - Des spécialistes recommandent de développer les transplantations de foie partiel et d'utiliser des machines dites de perfusion pour aider à sélectionner les organes

La transplantation hépatique est le traitement essentiel des maladies du foie à un stade avancé ainsi que des cancers localisés au foie. L'Agence de biomédecine (ABM), qui est chargée de l'allocation des greffons hépatiques, nous alerte, par la voix du Pr Olivier Bastien, sur une diminution des dons d'organes dans un article du *Monde* du 2 octobre 2018, alors qu'il n'existe pas d'augmentation du taux de refus au prélèvement en France.

L'aggravation de la pénurie d'organes est liée à deux progrès heureux : la diminution du nombre d'accidents de la route et les innovations dans la prise en charge des accidents vasculaires cérébraux, qui ont pour conséquences une diminution du nombre et une augmentation de l'âge des patients en mort cérébrale susceptibles d'être donneurs d'organes. Devant cette pénurie d'organes, nous, transplantateurs hépatiques, sommes conduits à greffer des organes de moins bonne qualité et/ou provenant de donneurs de plus en plus âgés.

Depuis 2014, le prélèvement d'organes chez des donneurs après arrêt cardiocirculatoire en situation programmée est autorisé en France. Cette modalité dite « Maastricht 3 » consiste à prélever des organes (foie, reins et poumons) chez des personnes en réanimation pour lesquelles un arrêt des soins est acté par la famille et le corps médical. L'ABM a mis en place un protocole pour encadrer rigoureusement cette pratique. Cette modalité de prélèvement concerne plus de 50 % des cas des greffons hépatiques en Angleterre

ou aux Pays-Bas, mais seulement 5 % des transplantations hépatiques en France en 2018. Cette technique, qui demande un investissement important des équipes de réanimation, n'a permis de réaliser que 50 transplantations hépatiques en 2017 sur un total de 1372. En 2018, les chiffres sont similaires.

Même s'il faut évidemment continuer à encourager nos collègues réanimateurs et augmenter le nombre de centres où le prélèvement « Maastricht 3 » est autorisé en France, il est nécessaire d'évaluer d'autres pistes. Il faut apporter une réponse chirurgicale innovante aux circonstances qui ont fait diminuer le don d'organes. Ces solutions existent, on les connaît, c'est la transplantation de foie partiel et l'utilisation des machines de perfusion.

La transplantation de foie partiel permet de greffer deux personnes avec un seul organe séparé en deux parties ou de transplanter un malade avec un hémi-foie issu d'un don du vivant. C'est la modalité de transplantation hépatique principale en Asie, alors qu'elle représente moins de 5 % des cas en Europe. Si le risque que représentait le prélèvement de foie chez un donneur il y a dix ans pouvait expliquer les réticences de l'ABM à promouvoir cette solution, la situation actuelle impose de reconsidérer cette attitude.

Aujourd'hui le don du vivant, en particulier de la partie gauche du foie, peut s'effectuer par voie mini-invasive (cœlioscopie) avec des suites opératoires moins lourdes que le prélèvement

LES GREFFONS
HÉPATIQUES
RÉSULTANT D'UN
PARTAGE DE FOIE
ISSU D'UN DONNEUR
DÉCÉDÉ OU D'UN
DON DU VIVANT NE
DOIVENT PLUS ÊTRE
ANECDOTIQUES
EN FRANCE

par voie ouverte qui était la règle jusqu'à présent. Aujourd'hui, nous avons amélioré nos techniques chirurgicales et appris à mieux sélectionner les donneurs. Les greffons hépatiques résultant d'un partage de foie issu d'un donneur décédé ou d'un don du vivant ne doivent plus être anecdotiques en France.

L'autre réponse à la pénurie d'organes est l'utilisation de machines de perfusion qui permettent de sélectionner les organes prélevés avant de les transplanter. Ce sont des machines sur lesquelles on perfuse un greffon avec du sang oxygéné afin d'évaluer son fonctionnement. Pendant huit heures de perfusion, ces machines permettent d'évaluer la fonction de foies dits « limites », en particulier des foies « gras », dits stéatosiques. Cette période sert aussi à sélectionner le receveur ayant le morphotype et l'âge le plus adaptés. Ces machines diminuent de

moitié le nombre de greffons considérés comme non utilisables et non greffés, comme rapporté en 2018 dans la revue *Nature*. Le financement de ces machines est actuellement le seul facteur limitant, mais le nombre de transplantations qu'elles peuvent apporter en plus justifie une politique volontariste en France à l'instar de celles menées par d'autres pays européens.

L'ABM a répondu à la pénurie de greffons avec la promotion du « Maastricht 3 » auprès des réanimateurs. Les résultats récents des transplantations hépatiques adultes à partir d'un hémi-foie issu d'un don du vivant et la possibilité d'augmenter le nombre de greffons hépatiques transplantés par l'utilisation de machines de perfusion devraient conduire l'ABM à encourager et financer ces solutions.

L'énergie que nous déployons pour proposer des solutions à nos malades repose sur le rapport singulier qui existe entre l'équipe soignante et ses patients en attente d'une greffe hépatique. Utilisons cette énergie ! En 2017, 170 personnes sont décédées sur la liste d'attente de transplantation hépatique. ■

Pr Eric Vibert, Pr Daniel Cherqui, Pr Cyrille Feray, Pr Antonio Sa Cunha, Pr Didier Samuel, Pr René Adam, du Centre hépato-biliaire de l'hôpital Paul-Brousse, à Villejuif (AP-HP, hôpitaux universitaires Paris-Sud, université Paris-Sud).

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

COLLECTION « ATLAS DU COSMOS »

Les brumes de Jupiter
se dissipent

Observée uniquement à distance, une planète peut longtemps dissimuler les secrets de son intimité. C'est particulièrement vrai pour Jupiter, dont les fameuses « bandes » et « zones » colorées, pourtant clairement visibles sur les images, défient depuis quarante ans l'intelligence des chercheurs. Ces structures latitudinales qui se manifestent sous la forme de brumes d'ammoniac circulant à haute altitude, en sens opposés et à différentes vitesses, sont-elles superficielles, limitées à la couche la plus externe de l'astre ? Ou sont-elles liées à des mouvements survenant loin en dessous de la surface ?

L'un des grands mérites de la mission Juno est d'avoir apporté un début de réponse à cette question. Dans trois articles parus au mois de mars 2018 dans la revue *Nature*, une équipe internationale explique comment elle a pu, à partir des mesures gravimétriques réalisées par cette sonde de la NASA, calculer jusqu'à quelle profondeur s'étendent ces régions venteuses. Pas moins de 3000 kilomètres !

Malgré les multiples missions spatiales qui l'ont visitée, Jupiter, la plus grande des planètes du Système solaire, reste mal connue. La genèse, la structure interne, l'origine du champ magnétique intense ou des tempêtes de cet astre constitué à 90 % d'hydrogène et d'hélium sont encore très mystérieuses.

Juno a la lourde tâche de combler certaines de ces lacunes. Cet engin spatial va parcourir d'ici à 2021 une série de 34 orbites qui le fera passer tous les 53 jours à 4000 km au-dessus des régions équatoriales de la planète. Jupiter tournant sur elle-même en dix heures environ, ces révolutions successives doivent lui permettre de balayer l'ensemble de la surface

de l'astre. En particulier ses pôles, dont les caractéristiques sont largement ignorées.

Depuis son arrivée sur place en juillet 2016, le vaisseau a ainsi permis plusieurs découvertes. Grâce à ses instruments de bord, les astronomes ont mis en évidence de surprenantes variations de la concentration d'ammoniac en fonction des latitudes. Ils ont aussi démontré qu'à l'inverse de ce qui se passe sur Terre, sur Jupiter les nuages d'eau produisent moins fréquemment des éclairs dans les régions équatoriales qu'ailleurs. Enfin, ils ont établi que la « grande tache rouge » s'étend en profondeur sur 300 km au minimum et ont mesuré le champ magnétique jovien qui s'avère avoir des propriétés différentes selon l'hémisphère considéré.

Champ de gravité asymétrique

Surtout, en relevant les accélérations subies par la sonde au cours de ses survols, ils ont pu dresser la première carte de haute précision du champ de gravité de la planète. C'est en analysant cette dernière que des chercheurs ont réussi à estimer la profondeur des « bandes » et des « zones ». « En effet, les données de Juno ont révélé que le champ de gravité jovien présente une asymétrie », explique Tristan Guillot, directeur de recherche CNRS à l'Observatoire de la Côte d'Azur et premier auteur d'une des études publiées par *Nature*. Il n'est pas le même dans l'hémisphère nord et dans l'hémisphère sud. Et cela est surprenant car Jupiter est une planète fluide : elle n'a ni surface solide ni océan. »

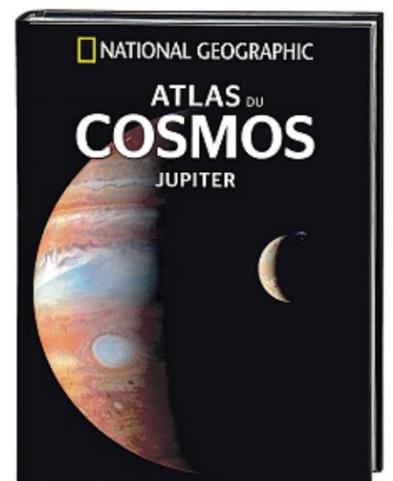
Les astronomes ayant depuis longtemps constaté des différences de régimes de vent entre les bandes nordiques et sudistes, cela pouvait laisser supposer que ces dernières

mettaient en mouvement des masses d'atmosphère significatives. Suffisantes pour expliquer le signal gravimétrique observé. Une hypothèse que ces scientifiques ont vérifiée en recourant à des simulations numériques, aboutissant donc, par deux méthodes indépendantes l'une de l'autre, à une valeur pour leur épaisseur de 3000 km.

Selon ces chercheurs, le chiffre correspondrait à la profondeur au-delà de laquelle, la pression et la température augmentant, l'hydrogène dont est essentiellement fait Jupiter se transformerait en une sorte de plasma fait d'électrons et de protons. Piégées par le champ magnétique intense de la planète, ces particules généreraient des forces de traînée qui s'opposeraient au mouvement des vents. Supprimant à un certain niveau en dessous de la surface « bandes » et « zones ». Et faisant tourner le cœur de la planète de manière uniforme. Telle une gigantesque toupie jovienne. ■

VAHÉ TER MINASSIAN

Pour accompagner la collection « Atlas du cosmos », chaque semaine, état des lieux d'une thématique de recherche.



9,99 €, en vente dès le mercredi 27 février