

CARTE
BLANCHEBienvenue dans
la vingt-quatrième
dimension

PAR ÉTIENNE GHYS

La nouvelle a fait fureur dans les laboratoires de mathématiques : Maryna Viazovska vient d'annoncer que l'empilement E8 est le plus dense dans la huitième dimension. La huitième dimension ?

Commençons par la deuxième dimension, celle du plan. Posez une pièce de 1 euro sur une table et essayez de déposer d'autres pièces de 1 euro autour d'elle pour qu'elles touchent toutes la première pièce. Facile. On peut en disposer six, pour former un joli hexagone.

Maintenant, prenez une boule de billard dans votre main et essayez d'en placer d'autres tout autour pour que chacune touche la première. Rapidement, vous verrez qu'on peut en placer douze mais qu'il y reste un peu de jeu et que, peut-être, on pourrait en placer une treizième ? Ce fut l'objet d'un débat animé au XVII^e siècle. Newton pensait qu'on ne pouvait pas placer une treizième boule et le mathématicien et astronome James Gregory pensait le contraire. Newton avait raison (comme souvent), mais ce ne fut démontré qu'en 1953.

Jusqu'à là, tout se passe dans notre brave espace de dimension 3. En passant dans les dimensions supérieures, les choses se compliquent, et on ne sait pas grand-chose. Cependant, dans la huitième dimension un miracle géométrique se produit. Il ne faut pas être exagérément effrayé par la huitième dimension. Un point dans le plan est repéré par ses deux coordonnées : les fameux (x, y). Un point en dimension 8 est tout simplement décrit par huit nombres : ses huit coordonnées.

Le réseau E8 est l'un des plus beaux cristaux qu'on puisse imaginer, mais sa définition est un peu compliquée. La voici quand même : en chaque point dont les huit coordonnées sont toutes des entiers pairs, ou toutes des entiers impairs, et dont la somme est divisible par 4, placez une boule de billard dont le rayon est racine carrée de 2. Le résultat est magnifique : un empilement de boules tel que chacune en touche exactement 240 autres. Encore plus beau que le diamant : alors que notre hexagone formé par 6 pièces de 1 euro est invariant par 6 rotations autour du centre, la figure formée par les 240 boules est invariante par 348 364 800 rotations.

Dans ce cristal, les boules recouvrent environ 25 % du volume total. Maryna Viazovska montre qu'on ne peut pas faire mieux. Quelle que soit la manière dont vous empilez des boules « de billard » (de même rayon) dans l'espace de dimension 8, vous ne pourrez pas le faire de manière plus dense que E8. Comme l'a écrit un collègue : « E8 is the best. »

Je ne peux évidemment pas éviter la question que les lecteurs poseront : « A quoi ça sert ? » On peut répondre de plusieurs manières. E8 permet de construire des codes correcteurs d'erreurs très efficaces dans les transmissions d'informations, utilisés, par exemple, par nos téléphones portables. Mais il y a, bien sûr, d'autres motivations, bien plus profondes. Depuis deux siècles, l'étude des groupes de symétries est au cœur de la science.

Dans la foulée, avec quatre autres collègues, Maryna Viazovska a annoncé un théorème analogue en dimension 24. Cette fois, chaque boule de billard en touche 196 560 autres.

Parfois, je me demande si la vraie motivation ne se rapproche pas de ce qu'évoque Baudelaire dans son poème *Élévation* : « Derrière les ennuis et les vastes chagrins Qui chargent de leur poids l'existence brumeuse, Heureux celui qui peut d'une aile vigoureuse S'élançer vers les champs lumineux et sereins ». ■

Etienne Ghys

Mathématicien, directeur de recherche (CNRS) à l'École normale supérieure de Lyon. etienne.ghys@ens-lyon.fr

Chercheurs cherchent industriels non frileux

TRIBUNE - Même lorsqu'ils vont à la rencontre des entreprises pour des problématiques appliquées, les chercheurs reçoivent rarement le soutien dont ils ont un besoin crucial, regrette Frédéric Cazals, de l'Inria

Beaucoup a été écrit sur l'état de la recherche en France mais aussi en Europe, et sur les difficultés critiques rencontrées par nombre d'équipes, lesquelles se trouvent confrontées à des situations inéptes, où un temps considérable est passé à écrire des propositions qui ne seront jamais financées. Situation illustrant à merveille la prophétie de Leo Szilard, dans *The Voice of the Dolphins*, fiction datée de 1961 évoquant le ralentissement du progrès scientifique en raison de l'implication des plus brillants chercheurs au sein de comités dilatoires.

Prétendue tour d'ivoire

Dans ce contexte, la présente tribune souhaite apporter un éclairage complémentaire sur les relations entre la recherche académique et l'industrie. Un lieu commun voudrait que nombre de chercheurs académiques soient enfermés dans une prétendue tour d'ivoire, rechignant à travailler sur des problématiques appliquées issues de la recherche & développement (R&D) en entreprise. Un exemple n'a certes pas vocation de généralité, mais l'épisode suivant me semble suffisamment illustratif pour catalyser la réflexion.

Imaginons un instant un projet à haut risque et haut potentiel (*high risk-high gain*) porté par un consortium européen du meilleur niveau, combinant des travaux théoriques et expérimentaux à la frontière des connaissances, projet focalisé sur la conception de nouvelles méthodes de design d'antivirus pour plusieurs virus de haute pathogénicité. Un tel projet a récemment été soumis à un portail européen finançant des travaux de recherche amont avec un très fort impact poten-

tiel industriel ou sociétal. En lien avec le propos liminaire, et à ceux qui pensent que la recherche relève de la sinécure, on rappellera que le taux de succès à ce type d'appel n'a pas dépassé 3 % sous l'égide du programme-cadre H2020, qui pilote la recherche européenne pour la période 2014-2020.

Pour accroître les chances du projet dans un contexte aussi concurrentiel, il a donc été demandé des lettres de soutien à diverses entreprises européennes, ayant toutes un pied en France. A partir d'un résumé des percées attendues, la demande suggérait que soient discutés deux points, à savoir : le rôle critique de la thématique, et les retombées (potentiellement majeures) en termes de transfert en cas de succès.

Aucun engagement financier n'était requis, pas plus qu'un accès à des données privées de quelque nature que ce soit. De plus, la lettre de support étant confidentielle, aucun risque d'être mis en porte-à-faux n'était encouru pour avoir soutenu un projet n'ayant abouti à rien d'impérissable. En contrepartie de la lettre de soutien, le consortium s'engageait à diffuser aux partenaires une newsletter au terme de chaque période de reporting, faisant état des avancées majeures et discutant les transferts éventuels. On notera qu'ailleurs, par exemple dans la Silicon Valley, des centaines d'entreprises paient pour seulement avoir accès à ce type d'information (<http://forum.stanford.edu/>).

Résultat des courses, après de brefs échanges avec les responsables R&D de dix grandes structures : deux lettres obtenues. (Je réitère ici, au passage, mes remerciements appuyés aux deux entreprises en question.) On pourrait me rétorquer que ce résultat est en partie

« LA FRILOSITÉ DE LA PLUPART DE NOS ENTREPRISES EN MATIÈRE DE R&D EST CERTAINEMENT LIÉE À UNE CARENCE CULTURELLE EN MATIÈRE DE RECHERCHE »

imputable aux apports incertains de la modélisation en général pour les sciences du vivant, ou bien à un niveau de maturité technologique (*TRL* en anglais) insuffisant des recherches projetées. Je ne le crois pas, et cela pour deux raisons. D'une part, des initiatives d'envie dans le domaine ont déjà eu lieu (exemple, le rachat d'Accelrys par Dassault Systèmes). D'autre part, une recherche de sponsors tous azimuts pour un événement informatique océanique s'il en est, le Symposium européen d'algorithmique, s'était soldée, en 2013, par l'obtention d'une subvention de... Google Research.

Ce résultat montre sans ambiguïté la frilosité et le manque de curiosité de la plupart de nos entreprises en matière de R&D. Ceci est certainement lié à une carence culturelle en matière de recherche, elle-même conséquence du désamour entre les docteurs et l'entreprise. Ce désamour pose, soit dit en passant, les questions de la valeur ajoutée de la thèse de doctorat – formation par la recherche conférant une véritable valeur ajoutée ou simple di-

plôme ? – et du rôle des grandes écoles, mais c'est là un autre débat.

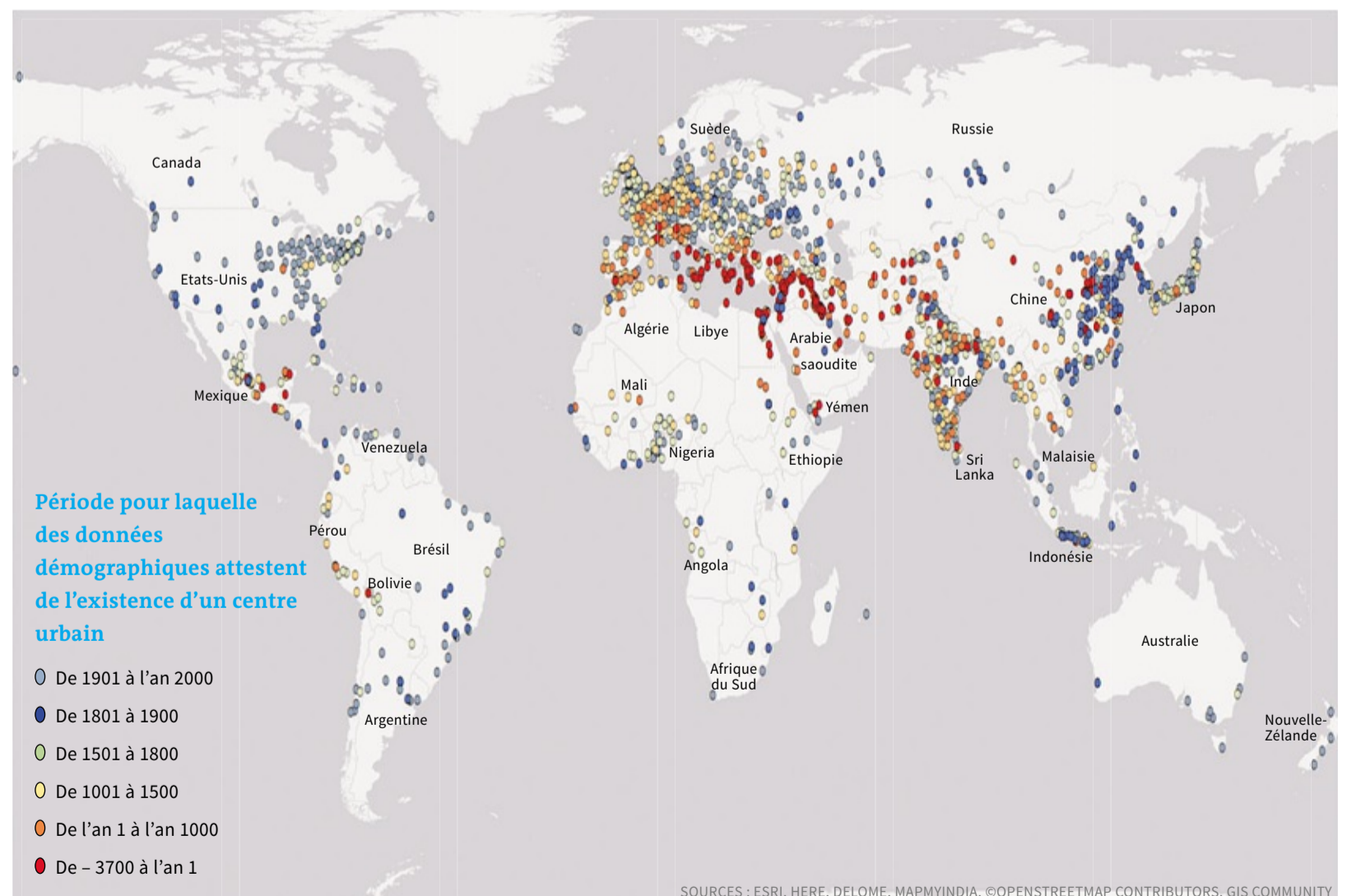
Il invite aussi à réfléchir sur l'impact fortement modéré que peuvent avoir des initiatives du type crédit d'impôt recherche quant au développement de vraies synergies entre recherche académique et industrie. Dans nombre de cas, il est en effet à craindre que cet argent ne soit dévoyé par certains juristes habiles de grandes structures, de telle sorte que la source n'irrigue jamais des chercheurs au bord de l'asphyxie.

La recherche est avant tout une vocation, et ceux qui s'y engagent sont en général curieux et joueurs, au sens noble du terme. Du moins le sont-ils avant d'avoir été démotivés par le système. A l'heure où une part croissante de l'innovation est tirée par de grandes entreprises, beaucoup d'entre eux seraient ravis d'être mis au défi par des problèmes nécessitant des développements à la frontière des connaissances, tant dans le registre formel qu'expérimental, avec un impact industriel ou sociétal fort. Hélas, le comportement de nombre de partenaires potentiels, tel que rapporté ici, est un frein majeur à la mise en place de telles synergies. Il ne s'agit pas de stigmatiser qui que ce soit, mais d'inviter chacun à réfléchir à l'adage stipulant que « la recherche d'aujourd'hui, c'est l'innovation de demain ». Une meilleure déclinaison de celui-ci faciliterait la vie des chercheurs, des politiques et des entreprises. ■

Frédéric Cazals est directeur de recherches à l'Inria Sophia Antipolis Méditerranée et professeur associé à Centrale-Supelec. frederic.cazals@inria.fr

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

UN ATLAS NUMÉRISÉ RETRACE 6 000 ANS D'URBANISATION



Entre 1057 et 1453, Constantinople (l'actuelle Istanbul) a vu sa population passer de 300 000 à 45 000 habitants – les croisades et la peste ayant conjugué leur effet. Un atlas mondial numérisé de l'urbanisation, compilant des don-

nées sur les villes entre 3700 avant Jésus-Christ et l'an 2000, permet de visualiser des évolutions démographiques de ce type.

Cet atlas, qui a été réalisé par une équipe de l'université Yale, s'appuie

sur deux recensements publiés en 1975 et 2003, et les rend disponibles et manipulables par les chercheurs sous forme numérisée. Pour Meredith Reba, auteure principale de l'article qui présente l'atlas dans la revue

Scientific Data du 9 juin, « en comprenant comment les villes ont grandi et changé à travers le temps et l'histoire, nous pourrions apprendre des choses très utiles sur la façon dont elles changent aujourd'hui ». ■