

Les maths multiplient les innovations

NUMÉRIQUE

Les mathématiciens n'ont pas attendu que des défis de grande ampleur planent sur le XXI^e siècle pour interagir avec l'économie et la société. Énergie, santé, numérique... voici quelques remarquables exemples de valorisations réalisées au CNRS.

PAR ANAÏS CULOT

Cachées dans nos objets du quotidien, garantes de la fiabilité de nos examens médicaux ou guides indispensables des choix de société comme ceux liés à la transition énergétique... les maths sont partout. Si les Assises des mathématiques organisées l'an dernier par le CNRS ont montré le développement des interactions entre la recherche académique et le monde socio-économique, beaucoup reste à faire. Notamment pour faciliter les transferts une fois les liens entre mathématiques et applications identifiés. « *Le principal levier est de multiplier les voies d'accès de l'industrie à la recherche académique et inversement. Penser à des intermédiaires en mesure de repérer ce qui peut être utile aux entreprises dans la recherche. Et surtout, favoriser les moments et lieux d'échanges informels entre ces deux univers* », défend François James, directeur adjoint scientifique de l'Institut national des sciences mathématiques et de leurs interactions (Insmi) du CNRS. Le CNRS propose ainsi plusieurs voies de valorisation dont voici quelques illustrations.

L'interdisciplinarité au service de la médecine

Au CHU de Poitiers s'active une équipe mêlant mathématiciens, médecins, physiciens, informaticiens et ingénieurs en résonance magnétique. Ce sont les contributeurs du laboratoire commun I3M entre le fabricant de l'imageur ultra-haut champ Siemens Healthineers et le Laboratoire de mathématiques et applications¹ et le XLIM². Ensemble, ils créent des méthodes d'intelligence artificielle (IA) pour le traitement et l'analyse automatique d'images de l'IRM qu'ils appliquent à différentes pathologies cérébrales (tumeurs, maladies neurodégénératives, etc.).

« *Nous construisons un jumeau numérique, c'est-à-dire une représentation virtuelle du cerveau du patient et de son fonctionnement, à partir des observations par imagerie et de nouvelles données extraites de ces clichés par des algorithmes d'IA* », explique Rémy Guillevin, directeur d'I3M. Parmi les révolutions pratiques visées par cet outil : la possibilité de réaliser une biopsie virtuelle non invasive d'un organe, de simuler un traitement ou une approche chirurgicale et donc d'identifier la solution la plus adaptée au malade. « *Notre solution a fait ses premiers pas en pratique clinique à Poitiers avec 10 à 15 % des tumeurs cérébrales désormais biopsiées de façon virtuelle* », précise Rémy Guillevin.

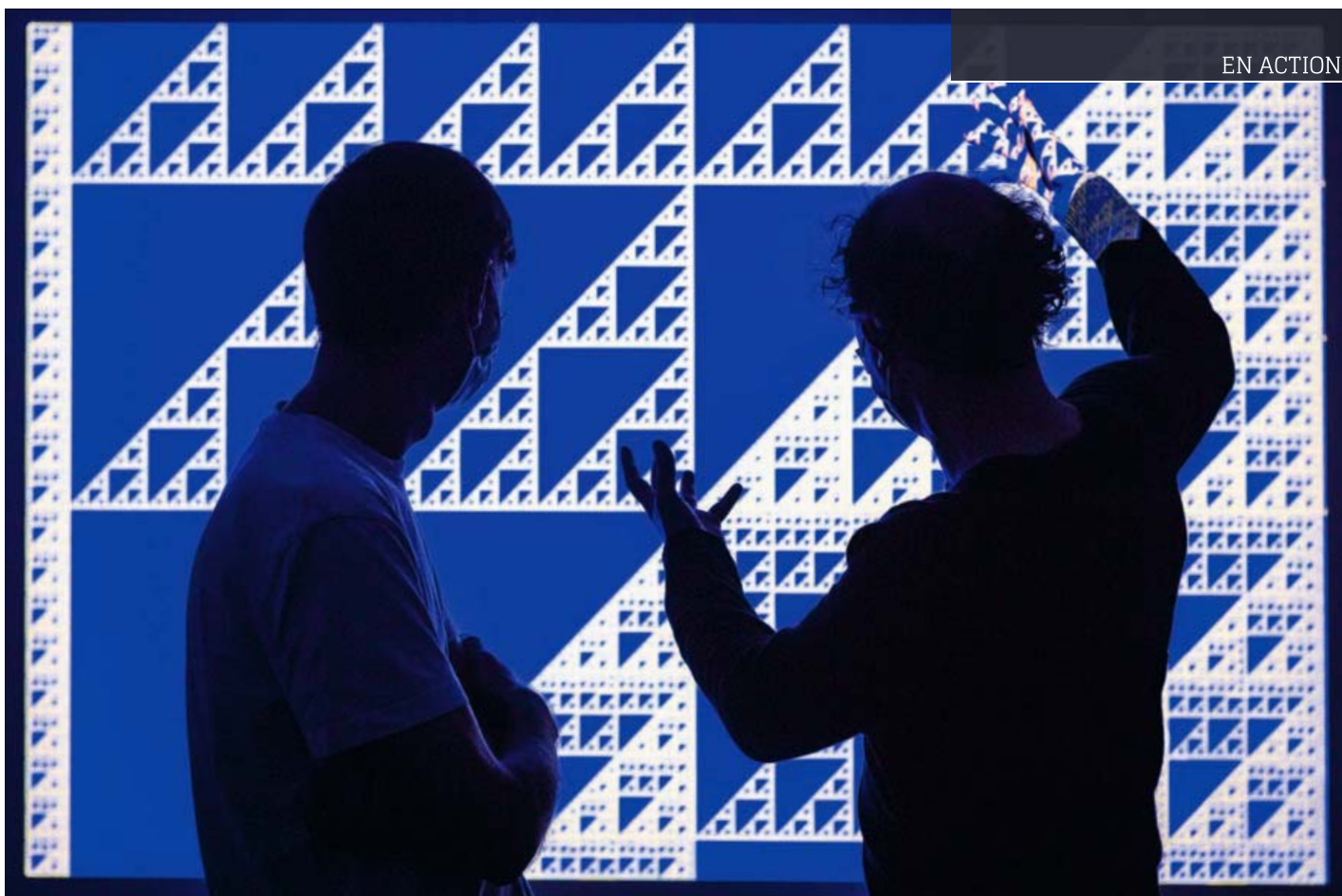
Des laboratoires communs peuvent aussi être créés avec des start-up, à l'image du Lopf (*Large-scale Optimization of Product Flows*) créé par le Laboratoire de probabilité, statistique et modélisation³ et la start-up Califrais, spécialisée dans l'optimisation des flux alimentaires à grande échelle.

Du laboratoire à l'entreprise

Autre dispositif : le programme de prématuration du CNRS permet d'accompagner des projets directement issus des équipes de recherche, à fort impact sociétal, pour amorcer leur transfert vers le marché. C'est notamment le cas du projet Ktirio, porté par Christophe Prud'homme : « *Le gouvernement français veut réduire l'impact énergétique des bâtiments – responsables de 45 % de la consommation actuelle – en rénovant près de 700 000 bâtiments par an, précise l'enseignant-chercheur à l'Institut de recherche mathématique avancée⁴. Nous répondons à ces besoins à l'aide d'un outil de simulation énergétique dynamique des bâtiments qui permet d'optimiser les consommations et de proposer des stratégies de rénovation qui améliorent le confort des usagers.* » La méthode mêle l'internet des objets – avec le déploiement de capteurs au sein des édifices – à des méthodes mathématiques d'assimilation de données, de réduction d'ordre et de calcul haute performance.

« *Il existe déjà de nombreux logiciels dans le domaine de la rénovation qui sont confrontés à deux limitations : le temps de calcul et la fiabilité des résultats* », pointe Christophe Prud'homme. Pour lever ces verrous, les chercheurs s'appuient sur deux partenariats majeurs : la PME alsacienne Synapse Concept, spécialisée dans la thermique des bâtiments et le fabricant américain de capteurs Cisco Meraki.

1. Unité CNRS/Université de Poitiers. 2. Unité CNRS/Université de Limoges. 3. Unité CNRS/Sorbonne Université/Université Paris Cité. 4. Unité CNRS/Université de Strasbourg.



© CHRISTIAN MOREL / IRIF / CNRS PHOTOPIÈCE

Avec plus de 500 000 examens annuels en France, l'imagerie TEP consiste à injecter un radiotracteur dans le corps et à réaliser un cliché instantané de sa répartition après un délai d'attente. Une modélisation de sa distribution au cours du temps apporterait aux cliniciens des informations plus riches des tissus cibles : activité enzymatique, volume de distribution, etc. C'est l'objectif du projet Quantim, également accompagné en prématuration par le CNRS. Il développe des méthodes visant à calculer de nouvelles images 3D à partir des observations TEP 4D enregistrées en continu. « Au départ, nos modèles permettaient de représenter la zone d'une tumeur, puis ses alentours, avant d'adapter nos méthodes à l'ensemble du thorax », explique Sylvain Faure, ingénieur de recherche au Laboratoire de mathématiques d'Orsay⁵ et copporteur du projet.

« Nous avons réduit à 11 secondes un traitement qui prenait au départ plusieurs heures sur des machines puissantes. Un temps de calcul désormais adapté aux applications cliniques », décrit le chercheur. Pour faciliter l'intégration de cette solution, l'équipe de Quantim ambitionne de créer une entreprise. Le transfert aux médecins prendra la forme d'une extension à un logiciel qu'ils utilisent déjà.

Un vivier de start-up

La recherche fondamentale donne également naissance à un important vivier d'entreprises innovantes. Ainsi, Sonio, créée en 2020 par des chercheurs du Centre de mathématiques appliquées⁶, a pour objectif d'aider au dépistage prénatal de maladies. En effet, lorsqu'un médecin détecte une anomalie sur les images d'échographies

prénatales, il n'existe pas de marche à suivre pour l'aider à trouver le bon diagnostic. « Cette problématique a été exprimée par des gynécologues-obstétriciens de l'hôpital Necker. Elle a fait l'objet de ma thèse avant de donner naissance à la start-up », décrit Rémi Besson, associé fondateur chez Sonio. En pratique : le médecin présente ses observations au logiciel qui l'accompagne pas à pas vers un diagnostic grâce à un système de check-list de symptômes. Commercialisée depuis un an et demi avec une cinquantaine de centres experts en France, cette solution s'intègre peu à peu en Europe, au Brésil et en Inde.

De son côté, Mohammed Lemou – chercheur à l'Institut de recherche mathématique de Rennes⁷ – n'a pas créé de start-up mais contribue fortement au développement de Ravel Technologies, spécialisée dans la cryptographie homomorphe : une technique qui permet de protéger des données privées (de santé, bancaires, etc.) tout en les exploitant. Confrontée à des verrous limitant les applications concrètes de ses algorithmes, la start-up a misé sur son regard neuf pour y répondre : « Grâce à cette opportunité, je poursuis mes recherches dans un nouveau domaine de façon plus interactive entre mathématiciens et développeurs, tout en suivant le fonctionnement et la politique générale de l'entreprise. Cette expérience modifie sans aucun doute ma façon de travailler et d'aborder les problèmes. Elle m'a donné envie de me rapprocher davantage des applications », conclut Mohammed Lemou. ||



Lire l'intégralité de l'article sur lejournald.cnrs.fr

5. Unité CNRS/Université Paris-Saclay. 6. Unité CNRS/École Polytechnique. 7. Unité CNRS/ENS Rennes/Université Rennes 1/Université Rennes 2.