



Non, la neige en Antarctique n'est pas uniforme

PHYSIQUE

Quentin Libois

Université Grenoble Alpes

À quoi ressemblera le continent Antarctique à la fin du siècle ? Pour répondre à cette question complexe, les climatologues simulent le climat futur à l'aide de modèles numériques. Malheureusement, ces modèles sont peu fiables en Antarctique car les processus physiques qui contrôlent le climat de cette région sont mal compris. Mon objectif ? Mieux comprendre l'impact du rayonnement solaire et du vent sur le manteau neigeux afin de prendre en compte ces processus dans les modèles.

Pour y parvenir, je suis allé étudier directement sur le terrain. Armé de fibres optiques, de spectrophotomètres et d'une bonne paire de gants, je me suis rendu au cœur du continent Antarctique où j'ai passé deux mois à observer le manteau neigeux. J'ai d'abord mesuré la taille des grains de neige, mettant en évidence un grossissement d'un facteur trois au cours de l'été austral. Ce phénomène appelé « métamorphisme » était

bien connu dans les Alpes, mais semblait marginal en Antarctique. Il est pourtant critique, car il amplifie le réchauffement du manteau et de l'atmosphère. Les cristaux de neige se modifient donc en fonction de la température, mais leurs caractéristiques varient également fortement dans l'espace.

Sur cette calotte antarctique très plate, on aurait pu croire la neige uniforme. Il n'en est rien. La faute au vent qui tasse, érode et déplace la neige. Autant de processus complexes que j'ai quantifiés grâce à des vidéos de la surface de neige, mettant ainsi au jour le rôle primordial du vent sur le climat Antarctique. L'ensemble de ces observations m'a permis d'améliorer le modèle de Météo France, nous offrant aujourd'hui la possibilité de réaliser des projections climatiques plus réalistes qu'auparavant dans cette région méconnue du monde. ■

« Evolution des propriétés physiques de la neige de surface sur le plateau Antarctique. Observations et modélisation du transfert radiatif et du métamorphisme »
Thèse soutenue le 15 octobre 2014
Directeur de recherche : Ghislain Picard

Du bon dosage de l'aléatoire

MATHÉMATIQUES

Pierre Monmarché

Université Paul-Sabatier-Toulouse-III

Cela peut paraître surprenant, mais pour résoudre certains problèmes complexes – comme tirer des informations pertinentes d'une masse de statistiques ou prédire les propriétés physiques d'une protéine candidate pour un médicament –, on demande parfois à l'ordinateur de chercher la solution au hasard.

Par exemple, si l'on recherche le meilleur coup à jouer dans une partie d'échecs, une stratégie « directe », à court terme, qui amènerait à prendre systématiquement la dame de l'adversaire dès que l'occasion se présente, n'est pas efficace. Il faut une vision d'ensemble, mais on ne peut pas calculer toutes les parties possibles : il y en a plus que d'atomes dans l'Univers. Une autre méthode consiste à explorer aléatoirement (et, donc, partiellement) les possibilités. Mais on ne joue pas non plus n'importe comment : pour anticiper, il faut trouver le bon compromis entre optimisation directe et exploration aléatoire.

Pour réaliser ce dosage, il faut comprendre au niveau théorique en combien de temps aura été exploré un échantillon représentatif de possibilités. Le problème a été résolu dans les années 1980 dans un cas très particulier : lorsque l'explorateur n'a pas de mémoire et ne retient pas son trajet. En pratique, ça n'est pas très efficace puisqu'il revient souvent sur ses pas. Dans ma thèse, j'ai quantifié le « bon » dosage entre optimisation directe et exploration aléatoire en présence d'inertie, c'est-à-dire d'une mémoire à court terme.

Au-delà des algorithmes, de nombreux mécanismes (physiques, biologiques, économiques...) possèdent de l'inertie : les investissements dépendent des tendances boursières de la semaine dernière, le réchauffement climatique dépend des émissions de carbone des dernières décennies... Ainsi, l'intérêt de mon travail réside au moins autant dans ma contribution aux méthodes pour étudier ces phénomènes que dans les résultats finaux. ■

« Hypocoercivité : approches alternatives et applications aux algorithmes stochastiques »
Thèse soutenue le 10 décembre 2014
Directeur de recherche : Laurent Miclo

Une machine qui s'adapte au cerveau de chacun

ROBOTIQUE

Jonathan Grizou

Inria, université de Bordeaux

Contrôler un ordinateur uniquement par la pensée... Ce n'est plus de la science-fiction : des interfaces cerveau-machine traduisent déjà l'activité électrique du cerveau en commandes d'ordinateur. Cette technologie aura, à terme, des applications majeures, comme permettre aux patients lourdement handicapés de retrouver une part d'autonomie en commandant une prothèse robotique ou un navigateur Internet.

Révolutionnaires, ces interfaces ne se trouvent toujours pas sur le marché, car

elles sont encore trop peu intuitives et ne peuvent pas être livrées « prêtes à l'emploi ». En effet, chaque personne étant différente, il faut d'abord traduire au cas par cas l'activité cérébrale des patients, de sorte que celle-ci soit comprise par la machine. Cette phase d'apprentissage est malheureusement fastidieuse et très coûteuse, car elle nécessite la présence d'un spécialiste.

J'ai travaillé à résoudre ce problème en concevant une interface capable de s'adapter à chaque utilisateur, sans intervention extérieure. Il a donc fallu développer de nouveaux algorithmes qui permettent de construire le traducteur à mesure que l'interaction a lieu.

Lors de nos tests, plusieurs sujets sont arrivés à contrôler un ordinateur par la seule action de leurs pensées, et cela sans calibration préalable. L'objectif était atteint : la machine, par le biais de nos algorithmes, a bel et bien réussi

à s'adapter d'elle-même aux spécificités du cerveau de chaque personne.

Mais la portée de ce travail s'étend au-delà des interfaces cerveau-machine. Car bien que nous interagissions au quotidien avec des appareils de plus en plus sophistiqués, c'est encore à nous de nous adapter à eux : notre rapport à ces machines sera profondément transformé lorsqu'elles pourront s'ajuster automatiquement aux particularités et préférences de chacun. ■

« Apprentissage simultané d'une tâche nouvelle et de l'interprétation de signaux sociaux d'un humain en robotique »
Thèse soutenue le 24 octobre 2014
Directeurs de recherche : Manuel Lopes et Pierre-Yves Oudeyer

La mécanique de l'ovule mollet

BIOLOGIE

Agathe Chaigne

Université Pierre-et-Marie-Curie-Paris-VI

La division est un épisode traumatisant dans la vie d'une cellule : une cellule normale devient toute ronde, très dure et forme deux cellules de même taille. Un ovule, cellule sexuelle produite par les femelles des animaux, devient moelleux – mou, mais pas trop – quand il se divise et forme deux cellules de tailles différentes. Ma thèse a permis de comprendre comment l'ovule se ramollit et pourquoi cela permet une division asymétrique.

Les ovules, ou œufs, doivent se diviser : cela leur permet de couper leur génome en deux. Lorsqu'un ovule avec un demi-génome est fécondé par un spermatozoïde, qui a aussi un génome divisé en deux, cela forme un embryon ayant le bon nombre de chromosomes. Mais cette division doit être asymétrique : la grosse cellule formée garde ainsi toutes les réserves indispensables au développement de l'embryon.

Pour comprendre comment le ramollissement de l'œuf est indispensable pour faire une division asymétrique, j'ai étudié deux protéines indispensables à la formation de forces dans toutes les cellules, que j'ai rendues fluorescentes pour suivre leur localisation dans la cellule : l'actine et la myosine-II. La myosine-II est capable de s'accrocher à l'actine et de tirer dessus, produisant une tension. Au début de la division des ovules, il y a de l'actine et de la myosine-II

sur les bords de la cellule qui est donc très tendue ; puis, grâce à une autre protéine, Mos, l'actine s'épaissit, ce qui chasse la myosine-II, et l'ovule se ramollit.

En établissant des équations modélisant l'œuf comme un objet mécanique, j'ai pu montrer que quand la cellule est molle – mais pas trop, sinon ça ne fonctionne plus – les chromosomes sont tirés de plus en plus fort vers un côté de la cellule, et la division est alors asymétrique. Pour faire un bon embryon, il faut donc un œuf mollet ! ■

« Tension corticale et positionnement du fuseau dans l'ovocyte de souris »
Thèse soutenue le 4 juillet 2014
Directrice de recherche : Marie-Emilie Terret

Comprendre les inégalités face aux infections

GÉNÉTIQUE

Quentin Vincent

Institut Imagine, Inserm, université Paris-Descartes

Beaucoup d'entre nous connaissent la lèpre et la tuberculose. Mais qui connaît l'ulcère de Buruli ? La petite sœur des maladies infectieuses liées aux bactéries du genre *Mycobacterium* est une maladie émergente en milieu tropical. Sur notre peau, elle creuse silencieusement de larges ulcères qui progressent jusqu'à découvrir l'os sous-jacent. Environ 25 % des patients, essentiellement des enfants, se retrouvent dans une situation de handicap permanent.

Les données cliniques rassemblées lors de ma thèse concernent plus de 1200 cas confirmés d'ulcère de Buruli, la plus grande cohorte de ce type à ce jour. Leur analyse modifie la carte d'identité de la maladie et amène à poser deux questions fondamentales. Pourquoi toutes les personnes exposées ne la développent-elles pas ? Pourquoi, quand elles la développent, est-ce avec une sévérité hautement variable ?

Pour débusquer des facteurs génétiques potentiels, j'ai d'abord étudié deux patientes atteintes de formes extrêmement sévères et rares de la maladie, un peu comme on étudierait un tsunami pour en savoir plus sur les vagues. J'ai ensuite travaillé sur un large échantillon de patients atteints de formes classiques de la maladie. Les signaux identifiés, de nature statistique, pointent vers de petites

vulnérabilités génétiques qui, combinées, ouvrent la voie à l'infection.

Année après année, par l'étude de « patients tsunamis » et de larges cohortes de patients classiques, le domaine de la génétique des maladies infectieuses progresse, et concerne toutes les infections, de l'hépatite C à la tuberculose. Alors que la résistance aux antibiotiques croît, l'innovation dans la lutte contre les maladies infectieuses passe par une meilleure connaissance de nos défenses naturelles. Une autre application du célèbre précepte socratique : « Connais-toi toi-même ! » ■

« Epidémiologie et génétique humaine de l'ulcère de Buruli »
Thèse soutenue le 28 novembre 2014
Directeur de recherche : Alexandre Alcaïs