

L'espérance nulle du spéculateur

CHRISTIAN WALTER

Le spéculateur veut tirer parti des hausses non légitimes du marché, non liées à l'activité économique. Il joue comme au casino.

L'affirmation du titre, péremptoire, signifie que le spéculateur ne peut gagner, ou que, si certains spéculateurs gagnent, d'autres perdent. Gains et pertes s'équilibrent de façon aléatoire, comme à pile ou face. Une telle phrase lapidaire aurait-elle été proférée par un moraliste contemporain, exaspéré par les bulles spéculatives qui abondent dans le monde de la finance, par la déraison qui se serait emparée des marchés financiers, par une sphère financière qui ne reflète plus l'économie réelle? Nous serions rassurés : les spéculateurs ne gagneraient rien en Bourse. La morale serait sauve...

Or, cette affirmation a presque un siècle : elle est le fait de Louis Bachelier, dont nous avons évoqué dans la précédente chronique l'extraordinaire fécondité intellectuelle pour le développement futur de la théorie financière. Mais alors, si Bachelier avait raison, pourquoi spéculer? Pour quelle raison observe-t-on aujourd'hui autant de prises de positions dites «spéculatives» sur les marchés? Ceux qui agissent ainsi se trompent-ils tous collectivement en espérant réaliser des gains rapides et faciles?

Dans sa thèse de 1900, Bachelier considère les variations boursières comme les résultats de tirages aléatoires. Des mouvements boursiers, «il est dès lors impossible d'en espérer la prévision mathématique». Il observe que «les opinions contradictoires relatives à ces variations se partagent si bien qu'au même instant les acheteurs croient à la hausse et les vendeurs à la baisse». Bachelier postule ainsi que la prévision mathématique du cours de Bourse de demain se trouve hors de portée de la science. Il remplace donc la recherche de la prévision par celle de la probabilité. Mais de quelle probabilité? Écoutons Bachelier : «On peut considérer deux sortes de probabilités : 1) La probabilité que l'on pourrait appeler mathématique, c'est celle que l'on peut déterminer *a priori*, celle que

l'on étudie dans les jeux de hasard ; 2) La probabilité dépendant de faits à venir est, par conséquent, impossible à prévoir de façon mathématique. C'est cette dernière probabilité que cherche à estimer la spéculateur : il analyse les raisons qui peuvent influencer sur la hausse ou sur la baisse et sur l'amplitude des mouvements. Ses inductions sont absolument personnelles, puisque un autre acteur a nécessairement l'opinion inverse».

Développant son raisonnement sur la symétrie des opinions entre acheteurs et vendeurs de titres, Bachelier en conclut : «il semble que le marché, c'est-à-dire l'ensemble des opérateurs, ne doit croire à un instant donné ni à la hausse, ni à la baisse, puisque, pour chaque cours coté, il y a autant d'acheteurs que de vendeurs».

De quel cours s'agit-il? Aujourd'hui, sur les marchés financiers, on distingue deux types de cours. Des cours relatifs aux variations en capital seul, par exemple les cours des obligations «pied de coupon», c'est-à-dire sans le coupon qui y est attaché, ou les indices des marchés d'actions, mais sans dividende réinvesti. Et des cours relatifs aux variations en capital aug-

menté du dividende ou des intérêts, par exemple des obligations avec leur coupon couru, ou des indices d'actions avec dividende réinvesti. Bachelier ne considère que les variations en capital seul, sans les dividendes ou coupons obligataires. Il appelle ce cours «pied de coupon» (en vocabulaire contemporain), le cours «vrai».

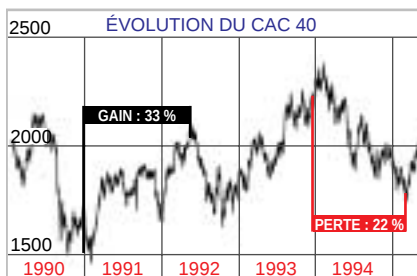
Appliquant le raisonnement précédent sur le cours vrai, il postule que, «par considération des cours vrais, on peut dire : le marché ne croit, à un instant donné, ni à la hausse, ni à la baisse du cours vrai». Le cours vrai a autant de chance de monter que de baisser. L'espérance de gain sur le cours vrai est nulle.

GAINS IMPORTANTS MAIS TEMPORAIRES

Pour Bachelier, le spéculateur n'investit pas en Bourse pour un placement à long terme, opération qui lui assurerait de recevoir les dividendes des actions ou les coupons des obligations, en somme le «juste» revenu de son investissement. Selon Bachelier, le spéculateur ne s'intéresse qu'au profit rapide et non lié au revenu du titre, c'est-à-dire à la variation en capital seul, au cours vrai. Le spéculateur espère une hausse non légitime (car non liée aux revenus, c'est-à-dire aux produits de l'économie réelle) du cours vrai. Or, par définition, l'espérance mathématique de gain sur le cours vrai est nulle. C'est en cela qu'il peut alors dire, en considérant la variation des cours vrais, «l'espérance mathématique du spéculateur est nulle».

Ainsi Bachelier définit la suite des gains et des pertes du spéculateur comme les résultats d'un jeu équitable. Les gains et les pertes successifs sur le cours vrai se compensent inexorablement au cours du temps, de sorte que, après un certain temps, notre spéculateur aura, comme au jeu de pile ou face, ni plus ni moins gagné que s'il n'avait pas joué. Pour le spéculateur de Bachelier, la Bourse est assimilable à un jeu de hasard, à un casino.

Qu'en est-il des résultats intermédiaires de la spéculation? C'est la question des sommes partielles des jeux équitables. Les gains de la spéculation convergent-ils vers l'espérance mathématique (nulle)? Pour Bachelier, la réponse est positive, car il assimile la Bourse à un jeu de pile ou face. Malgré une certitude de passer par zéro un nombre infini de fois, les fluctuations des résultats partiels peuvent être arbitrairement grandes. Notre spéculateur finira certainement pauvre, mais en étant devenu auparavant, et très vraisemblablement, très riche. Nous le savions, en Bourse, il faut savoir s'arrêter à temps.



Le CAC 40 est un indice de prix (capital seul), assimilable au «cours vrai» de Bachelier. Entre 1990 et 1995, il fluctue autour de 2 000. Les oscillations de l'indice évoquent les fluctuations des sommes partielles d'un jeu équitable. Mais, pour ceux qui ont acheté à 1 500 et revendu à 2 000, le gain est de 33 pour cent. Si la moyenne de la performance est nulle, les résultats intermédiaires sont nettement différents de zéro. Qu'en aurait pensé Bachelier?

Maillet paléolithique

L'usage retrouvé d'un galet brut.

Frapper sur un objet avec une pierre est une idée ancienne : les premiers marteaux ont plus d'un million d'années. L'idée de frapper avec un maillet sur un burin pour graver ou percer un objet semble plus récente : les premiers maillets préhistoriques connus sont des galets non taillés, que les hommes ont commencé à utiliser il y a 40 000 ans.

Outre des silex taillés, les hommes préhistoriques utilisaient comme outils des galets bruts. Ignorés des premiers préhistoriens pour leur aspect banal, certains servaient de molettes, de broyeurs, de meules ou de billots. L'usage d'un petit galet arbitrairement nommé "compresseur" restait toutefois inconnu.

Les "compresseurs" sont des galets plats et allongés, longs d'une dizaine de centimètres, en roche à grain fin et pas trop dure tels que schiste, marne, ou calcaire. Sur une ou deux des extrémités de leurs faces planes, de nombreuses traces d'impacts, souvent excentrées vers un côté du galet, tendent à former une cupule. La large répartition géographique et chronologique de cet outil à partir du début du Paléolithique supérieur, il y a 40 000 ans, indique qu'il appartient au fonds commun de l'outillage. Servait-il à retoucher les lames de silex, à repousser l'aiguille à coudre à la manière d'un dé, comme enclume ou comme billot ?

Nous avons testé ces utilisations avec des galets de forme et de matière première identiques à celles des galets préhistoriques. Nous avons écarté d'emblée les fonctions de billot et d'enclume : un support doit être tendre sous peine d'abîmer la pointe de l'outil en silex lors des contacts. Le galet s'est révélé impropre à d'autres usages : trop petit et trop léger pour débiter du silex, trop mince et trop fin pour le retoucher. Enfin, quand on utilise un compresseur pour retoucher une lamelle à dos, régulariser l'arête d'un bloc de silex, détacher des chutes de burin, ou pousser un poinçon ou une aiguille, les traces d'usure que l'on obtient ne correspondent pas à celles que l'on observe sur les galets préhistoriques.

Une seule hypothèse a passé le test expérimental : l'utilisation de ces galets



de Beaune / Les galets utilisés au Paléolithique supérieur, CNRS Éditions



Ce galet en schiste, découvert dans la grotte d'Isturitz (Pyrénées-atlantiques), porte des traces d'impact. Elles ont été produites il y a 17 000 ans. On obtient des traces analogues en utilisant un galet de même nature comme maillet, pour écorcer du buis avec un burin en silex, par exemple (à gauche).

en maillets par percussion sur un burin pour le travail de matières dures animales. Toutes les variantes de cet usage ont été testées et ont confirmé cette hypothèse. Plus précisément, ces galets étaient réservés à un travail de précision à très petits coups, l'objet buriné étant plutôt maintenu transversalement par rapport à l'utilisateur. On pense à la sculpture sur bois de renne ou sur ivoire, au percement de boutonniers dans de la peau ou à l'amorce du creusement d'un coquillage pour en faire un élément de parure.

L'environnement archéologique de cet outil confirme cet usage. Il semble apparaître à l'Aurignacien, il y a environ 40 000 ans, au moment où se développe le travail de l'os et de l'ivoire. Il se raréfie il y a 22 000 ans, puis redevient très abondant dans certaines régions il

y a 17 000 ans, jusqu'au début du Néolithique. Cette variation concorde avec l'importance du travail des matières dures animales aux différentes époques.

En outre, on a retrouvé dans la grotte d'Isturitz, dans les Pyrénées-atlantiques, et dans quelques autres sites de fréquentes associations entre ces maillets et des burins, outils complémentaires. Des objets façonnés en os ou en ivoire ou des coquilles perforées avec des traces de façonnage rappelant celles obtenues expérimentalement, quoique rares, existent aussi en Europe occidentale et orientale. De plus, la technique du burinage indirect a été identifiée ailleurs, sur des harpons paléo-esquimaux et sur du bois de cerf travaillé par des peuples protohistoriques.

Sophie A. de BEAUNE, Laboratoire d'ethnologie préhistorique, CNRS

Laser à atomes

Première émission d'atomes dans un état cohérent

Pourquoi les faisceaux lasers concentrent-ils la lumière dans une direction de propagation et voyagent-ils sur de grandes distances ? Parce qu'ils sont constitués de photons de même énergie qui se déplacent en groupe, dans un état cohérent, c'est-à-dire que les photons sont représentés par une seule onde électromagnétique. Wolfgang Ketterle et ses collègues de l'Institut de technologie du Massachusetts, ont montré qu'on pouvait émettre des

ondes de matière cohérentes, analogues à celles des lasers : ils ont produit huit paquets d'atomes de sodium dans un état cohérent, réalisant ainsi le premier laser à atomes.

En vertu de la dualité onde-corpuscule, on associe à une particule une onde de longueur inversement proportionnelle à sa vitesse. Dans un nuage d'atomes très froids, les atomes sont presque immobiles. Leur longueur d'onde peut être supérieure à la distance entre atomes, de sorte que les fonctions d'onde des atomes, qui décrivent leurs propriétés quantiques, se recouvrent. Les atomes sont alors dans le même état quantique et on les décrit par une onde unique. On nomme cet état cohérent, condensat de Bose-Einstein.

BRÈVES

La girolle cultivée

La girolle? Le gourmand lève les yeux au ciel à son évocation. Hélas les efforts de domestication avaient toujours échoué, alors que les girolles se raréfiaient dans les pays d'Europe. Eric Danell et Francisco Camacho, en Suède, annoncent la culture de girolles, à partir de mycélium pur (le mycélium est le réseau de filaments qui constitue l'appareil végétatif des champignons). Ce mycélium a été débarrassé de ses bactéries contaminantes, dont la présence avait fait échouer les recherches antérieures. La première récolte a été cultivée sur de jeunes plants de pin sylvestre, et les premiers carpophores ont poussé dans un pot en plastique. Ces champignons ont atteint une hauteur de 3,5 centimètres, et les biologistes font aujourd'hui leur troisième récolte.



D.R.

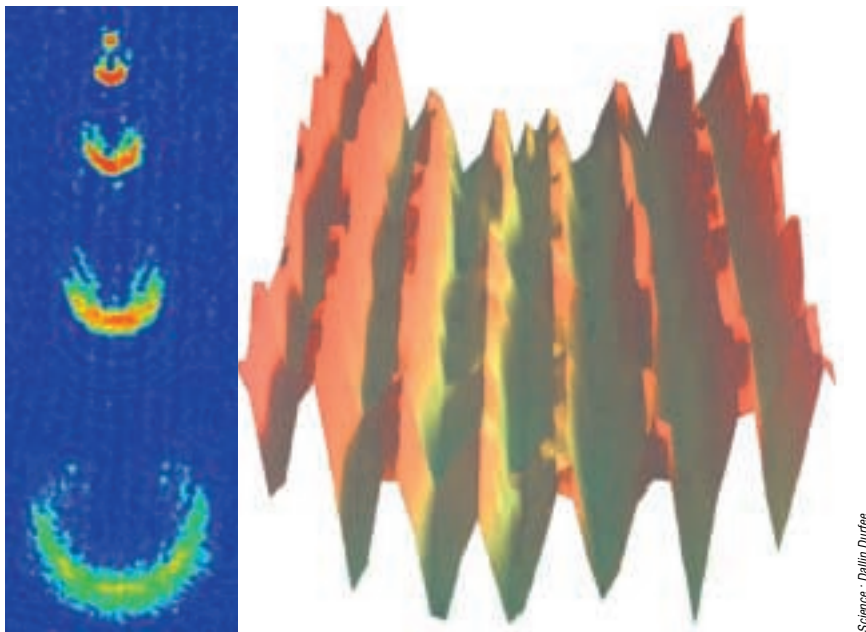
Contre la grippe

La grippe est prévenue par un vaccin. Toutefois, on doit renouveler la vaccination chaque année, car les épidémies sont dues à des souches différentes du virus. Une nouvelle molécule, en cours d'essais cliniques, semble guérir des infections grippales : elle inhibe l'enzyme du virus, quasi identique quelle que soit la souche, qui permet aux nouvelles particules virales fabriquées par les cellules infectées de s'échapper et de propager l'infection. Quand l'enzyme est inhibée, plus de propagation, plus d'infection, plus de grippe ! Hélas, on craint que le traitement ne sélectionne des souches résistantes du virus. De surcroît, les vaccinations préventives devront être poursuivies.

Étoiles isolées

Les étoiles sont grégaires : elles naissent et vivent dans des galaxies. Elle peuvent toutefois en sortir : Harry Ferguson et ses collègues de l'Institut du télescope spatial ont observé 600 étoiles situées à plus de 300 000 années-lumière de la galaxie la plus proche (soit trois fois le diamètre de la Voie lactée). Ces étoiles sont situées dans l'amas de galaxies de la Vierge. Elles auraient été, peu après la formation de l'amas, éjectées des galaxies voisines lorsque celles-ci étaient proches et que leurs interactions étaient fortes.

Suite page 26



Science : Dalin Durfee

Le laser à atomes émet des bouffées d'atomes de sodium (à gauche). La superposition de ces bouffées produit des interférences dont la figure (à droite) montre que les atomes sont dans un état cohérent. L'axe vertical représente la densité atomique (en fausses couleurs) et le plan horizontal, la position. La zone d'interférence contient 50 000 atomes.

Initialement, les atomes de sodium sont à une température de plusieurs centaines de kelvins. On les refroidit d'abord par laser : quand ils absorbent des photons, les atomes sont freinés, et ils sont ainsi refroidis puisque la température mesure la vitesse d'agitation des atomes. Les atomes atteignent ainsi la température de 100 microkelvins. On peut alors les piéger dans un champ magnétique, les atomes capturés étant ceux dont les moments magnétiques (les spins) sont orientés vers le haut, dans le même sens que le champ magnétique.

On continue à refroidir par une autre technique, l'évaporation forcée. Des collisions incessantes se produisent de sorte que parfois, un atome ressort d'une collision avec plus d'énergie qu'il n'en avait au départ. Cet atome chaud s'éloigne du piège et passe dans une zone où un champ radiofréquence renverse son moment magnétique. L'atome, dans un état non piégé, est donc expulsé du piège magnétique. On évapore ainsi les atomes chauds. Les atomes restants sont plus froids et plus concentrés et, au-dessous d'un seuil de température et de densité, les atomes s'accumulent dans l'état quantique d'énergie minimale du système, le condensat de Bose-Einstein.

Comment émettre des bouffées de ce condensat ? Une brève impulsion d'un champ radiofréquence incline les spins des atomes dans un état intermédiaire, ce qui est équivalent, en mécanique quantique, à une superposition de spins dirigés vers le haut et de spins horizontaux. Le nuage se sépare en deux parties : une

composante qui reste piégée et une composante non piégée (celle dont le spin est horizontal) qui tombe, accélérée par la gravité. Huit bouffées comprenant une centaine de milliers d'atomes ont été ainsi extraites d'un condensat de cinq millions d'atomes. Ce mécanisme d'échappement des atomes était au point depuis l'été 1996. Il restait à savoir si les bouffées d'atomes émises étaient toujours dans un état cohérent, ou si elles étaient redevenues un gaz ordinaire.

Pour montrer que la cohérence est préservée, W. Ketterle et ses collègues ont fait interférer les bouffées d'atomes de deux condensats différents. Les physiciens ont créé deux condensats proches. Ils ont ensuite branché le mécanisme d'échappement des atomes et ont fait se recouvrir les bouffées émises par les deux condensats. La figure d'interférence obtenue, analogue à une figure d'interférence entre deux ondes lumineuses, a montré que les atomes émis étaient dans un état cohérent : le laser à atomes était né.

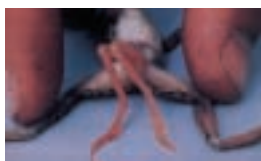
De nombreuses améliorations seront nécessaires avant que ce laser ne soit utilisable comme source pratique d'onde de matière. Néanmoins, la stabilité des ondes de matière promet des applications variées. Outre leur utilisation pour l'amélioration de la précision des horloges ou pour l'optique atomique, ces sources pourront servir dans le domaine des nanotechnologies et pour la fabrication de circuits électroniques à l'échelle atomique. Le succès du laser à atomes sera-t-il équivalent à celui de son ancêtre lumineux ?

Brève nouvelle

La fréquence d'utilisation du mot «nouveau» dans les articles scientifiques croît exponentiellement. L'analyse a été menée sur les titres et les résumés des articles répertoriés par une base de données à orientation médicale. Si la croissance se poursuit au même rythme, tous les articles contiendront des informations nouvelles en février 2020. (*Nature*, 6 février 1997.)

Grenouilles à six pattes

Les grenouilles qui présentent des malformations des membres sont de plus en plus nombreuses. Alors qu'entre 1975 et 1995, David Hoppe de l'Université du Minnesota n'avait vu que deux grenouilles mutantes, il en a repéré plus de 200 en 1996. La pollution des eaux où vivent les grenouilles serait responsable de cette croissance soudaine.



Erreurs de réparation

Certaines mutations du gène BRCA1 favorisent l'apparition du cancer du sein et de l'ovaire. L'équipe de Jean Feunteun, à l'Institut Gustave Roussy, a montré que cette protéine semble participer normalement, avec une autre protéine nommée Rad51, au maintien de l'intégrité du génome. L'altération d'un élément du système de réparation de l'ADN laisse les erreurs s'accumuler dans les gènes, et notamment dans ceux qui commandent la croissance cellulaire : de la croissance incontrôlée naît le cancer. D'autres gènes du système de réparation de l'ADN seraient en cause dans certaines formes héréditaires de cancer du colon, par exemple.

Une molécule amplificatrice

Une collaboration entre des physiciens du CNRS à Toulouse et du laboratoire de recherche d'IBM à Zurich a abouti à la fabrication d'un minuscule amplificateur électromécanique utilisant une unique molécule constituée de 60 atomes de carbone connectés entre eux, le C_{60} . Cette molécule était placée entre une plaque conductrice et la pointe d'un microscope à effet tunnel. L'application d'une faible tension électrique déplaçait la pointe de 0,1 milliardième de mètre de sorte que la molécule était comprimée. La tension, mesurée aux bornes de la molécule, était alors cinq fois supérieure à la tension nécessaire pour déplacer la pointe.

Suite page 28

L'arpenteur de l'Univers

Le satellite Hipparcos éloigne les galaxies.

Dans l'Univers, on mesure les grandes distances à l'aide d'un étalon cosmique fondé sur la luminosité d'étoiles variables, les céphéides. Selon les mesures du satellite *Hipparcos*, cet étalon serait faussé. L'Univers serait ainsi dix pour cent plus grand que ne le supposaient les astronomes.

Les céphéides sont des étoiles qui se contractent et se détendent périodiquement : leur luminosité varie. En 1912, l'astronome américaine Henrietta Leavitt remarqua que les céphéides les plus grosses et les plus lumineuses ont une période plus longue que les céphéides moins lumineuses.

La distance des étoiles proches est directement déduite de la mesure de la

parallaxe, décalage de la position d'une étoile mesuré à six mois d'intervalle, lorsque la Terre a parcouru la moitié de son orbite autour du Soleil. Ainsi, en mesurant la distance de céphéides proches, dans notre Galaxie, on ajuste la relation entre la période et la luminosité absolue de ce type d'étoiles, relation utilisée ensuite pour déduire la distance de céphéides dans les galaxies voisines, pour lesquelles les mesures de distances directes sont hors de portée.

Entre 1989 et 1993, le satellite *Hipparcos* a mesuré la distance précise de milliers d'étoiles de notre Galaxie. En comparant les parallaxes de 26 céphéides, Michael Feast et Robin Catchpole, de l'Observatoire royal de Cambridge, ont précisé la relation entre période et luminosité absolue.

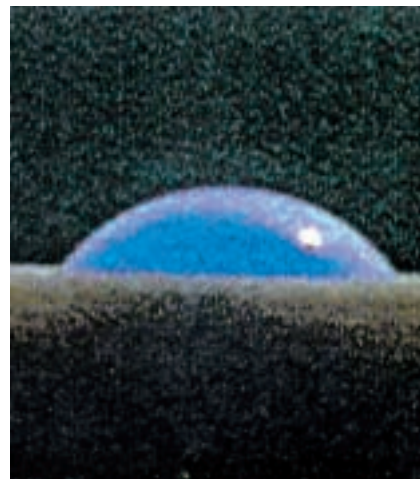
Ces calculs repoussent les céphéides à des distances supérieures à ce que l'on croyait jusqu'à présent. L'Univers est ainsi plus grand. Par exemple, le Grand Nuage de Magellan, serait éloigné de 179 000 années-lumière et non de 163 000.

Antiadhésifs adhérents

Un nouveau traitement du Téflon.

Des chimistes sont heureux de savoir rendre le Téflon collant, alors que ce dernier est précisément apprécié pour ses propriétés antiadhésives ! Est-ce vraiment paradoxal ? Pas tout à fait : pour coller un film de Téflon ou d'un autre polymère fluoré sur le métal d'une poêle, par exemple, il faut vaincre les propriétés antiadhésives d'une de ses faces.

Aujourd'hui les chimistes industriels préparent le Téflon à déposer en traitant une des faces par un procédé chimique agressif : à l'aide de sodium dissous dans de l'ammoniac liquide, à la température de -40°C , ils remplacent certaines liaisons chimiques entre les atomes de carbone et les atomes de fluor par des liaisons entre atomes de carbone, ou entre atomes de carbone et atomes d'hydrogène ; ces nouvelles liaisons chimiques étant plus faciles à couper que les liaisons entre le carbone et le fluor, on peut ultérieurement coupler le Téflon au métal. Toutefois le sodium, très réactif et pénétrant, noircit



Gouttes d'eau sur du Téflon non traité (en haut) et sur du Téflon traité (en bas) : l'étalement du liquide montre la diminution des propriétés antiadhésives de la couche traitée.

Laboratoire d'électrochimie, ESPCI

le Téflon en quelques secondes, il le rend poreux, puis finit par le pulvériser.

À l'École supérieure de physique et de chimie de Paris, Catherine Combellas, Frédéric Kanoufi et André Thiébaud ont proposé de remplacer le sodium, trop puissant, par un métal moins agressif, tel le magnésium. Toutefois celui-ci ne se dissout pas spontanément dans l'ammoniac liquide.

C'est là que l'électrochimie est utile : l'application d'un courant électrique entre

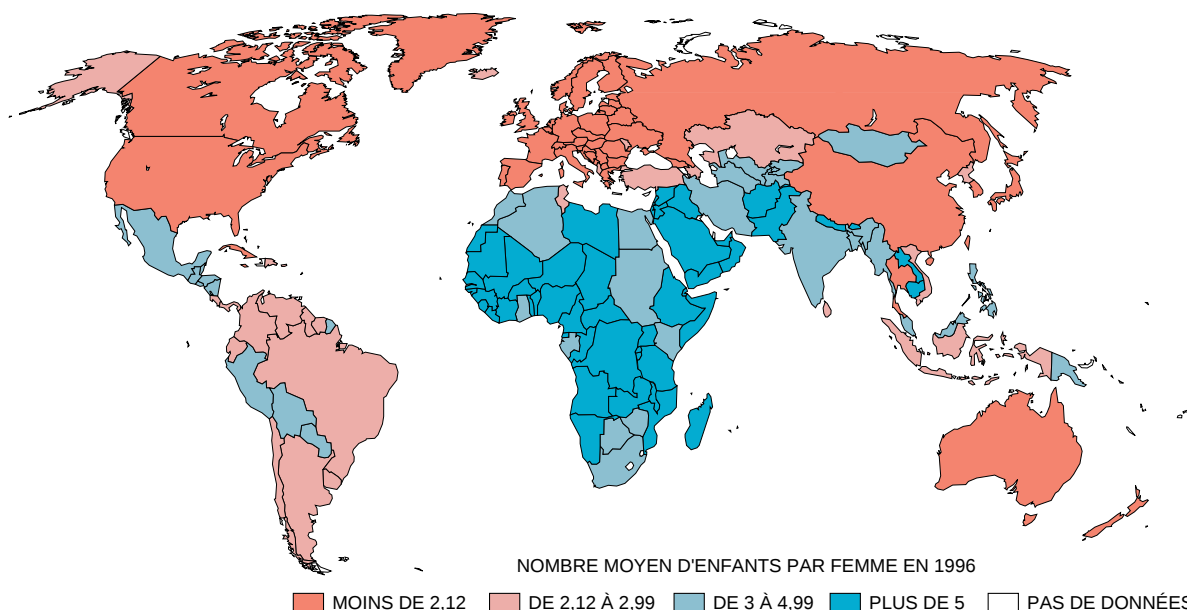
une première électrode d'un métal quelconque et une seconde électrode constituée de magnésium, dans l'ammoniac liquide, provoque la dissolution du magnésium et l'apparition d'électrons qui s'entourent de molécules d'ammoniac ; la solution prend une couleur bleue caractéristique de la présence d'électrons «solvatés».

Le traitement du Téflon par cette solution est d'une douceur inattendue : la profondeur de la couche modifiée reste

inférieure à un micromètre pour 24 heures de traitement et le polymère fluoré reste blanc même après un traitement prolongé.

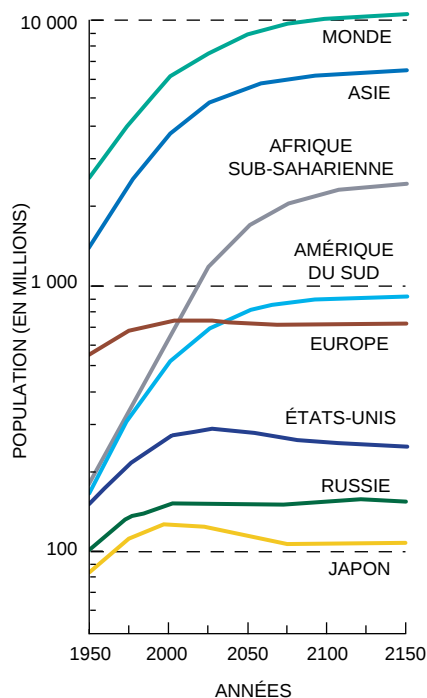
Le Téflon ainsi traité est prêt pour le collage proprement dit. Dans l'industrie électronique, par exemple, le Téflon sert d'isolant dans des circuits imprimés, après dépôt sur des plaques de cuivre. Le nouveau procédé électrochimique permet également d'envisager une métallisation. Ainsi colle-t-on l'incollable.

La fécondité dans le monde



Combien d'hommes la Terre portera-t-elle dans 100, 200 ou 300 ans ? Nous sommes aujourd'hui 5,8 milliards. Selon l'hypothèse moyenne des Nations Unies, la population mondiale se stabilisera vers 2150 autour de 11 milliards d'êtres humains.

Ces prévisions reposent sur les valeurs actuelles de la fécondité. La carte montre, pour chaque pays, l'indice conjoncturel de fécondité. C'est le nombre moyen d'enfants qu'une femme aura au cours de sa vie, calculé à partir de la situation de toutes les femmes, une année donnée (ici 1996). Le seuil de renouvellement de la population est de 2,1 enfants par femme (on ajoute 0,1 pour prendre en compte la mortalité juvénile). Lorsque l'indice conjoncturel de fécondité devient inférieur à ce seuil, la population ne décroît que sept décennies plus tard : les individus nés avant le franchissement du seuil sont majoritairement décédés.



Ainsi, au Japon, l'indice conjoncturel de fécondité est devenu inférieur à 2,1 dans les années 1950, bien avant les autres nations industrielles. La population japonaise continue toutefois à croître lentement. Elle se stabilisera probablement ou diminuera entre 2010 et 2020. À l'opposé de cette situation, on trouve l'Afrique subsaharienne, la région la plus pauvre du Globe. Sur les 44 pays de cette zone, 24 ont un indice conjoncturel de fécondité supérieur à six. La population ne devrait pas s'y stabiliser avant le ^{XXIII}^e siècle, lorsqu'elle aura atteint deux milliards. La population de l'Inde se stabilisera au cours du ^{XXII}^e siècle autour de 1,5 milliard. Ce pays serait alors plus peuplé que la Chine, où les naissances sont sévèrement limitées. Les populations du Pakistan, du Nigeria et de l'Éthiopie se stabiliseraient à plus de 300 millions chacune, et celles du Mexique, du Viêt Nam, de l'Iran, du Zaïre et des Philippines dépasseraient 150 millions.

Technique durable

La plus ancienne technique de fabrication d'outils a aussi été la plus durable. Selon S. Semaw et ses collègues américains de l'Université Rutgers, des blocs de roche volcanique taillés il y a 2,5 millions d'années sont de même type que

les outils découverts dans la gorge d'Olduvai, en Tanzanie, et datés de 1,8 million d'années. Ces outils tranchants permettaient de creuser la terre à

la recherche de nourriture et de couper la viande. La technologie d'Olduvai aurait donc été utilisée pendant près d'un million d'années. Il reste à déterminer par quelle espèce d'hominidé (*Nature*, 23 janvier 1997).

Victoires du bruit

Le prix de l'Oreille cassée, décerné par le Conseil national du bruit, signale des initiatives irrespectueuses de l'environnement sonore. Deux lauréats ont été distingués en 1997 : les utilisateurs de téléphones portables qui n'éteignent pas la sonnerie de leur appareil dans les lieux publics, et les organisateurs de concerts qui diffusent la musique à un niveau dangereux pour l'audition des spectateurs. Ils rejoignent au palmarès les souffleurs à moteur utilisés par les jardiniers pour rassembler les feuilles mortes, et les chaînes de télévision qui augmentent le niveau sonore lors des écrans publicitaires.

Un sucre et une tétée

Comment diminuer la douleur ressentie par les nourrissons? En leur donnant du sucre et en les faisant téter. C'est le résultat d'une étude menée sur la sensibilité à la douleur de jeunes rats. Ronald Dubner et ses collègues de l'Université de Maryland ont observé qu'après dix minutes de tétée et ingestion d'eau sucrée, les pattes antérieures de rats âgés de dix jours étaient moins sensibles à la chaleur et à la pression que celles de rats témoins. Les neurologues n'ont pas observé d'effet pour les pattes arrières, ce qui suggère que les parties du système nerveux central qui commandent le haut et le bas du corps se développent à des vitesses différentes. Cette étude fournira une nouvelle approche des mécanismes analgésiques chez le nourrisson.

La partition de données

Un traitement «magnétique» pour regrouper des données semblables.

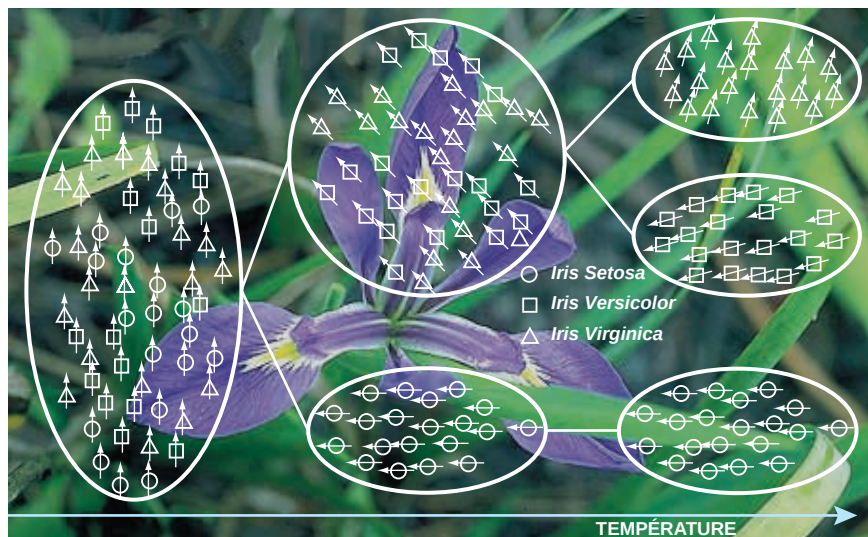
Un enfant observant des points sur un graphique les regroupe intuitivement selon leur proximité. Lorsque l'on étudie un ensemble de données en dimension supérieure à deux, on recourt à des algorithmes qui séparent les différentes zones selon des critères mathématiques de proximité. À l'aide d'un modèle de physique statistique, le modèle de Potts, Eytan Domany et ses collègues de l'Institut Weizmann, en Israël, ont conçu un algorithme qui regroupe les points selon leur «proximité» pour toutes sortes de données.

La partition, utilisée dans des disciplines variées, allant de la reconnaissance de la parole à l'astrophysique, consiste à séparer un ensemble de données en sous-ensembles selon un critère de «ressemblance». Dans la plupart des techniques de partition, on suppose que l'on connaît *a priori* la structure des données. Par exemple, certaines techniques requièrent que les sous-ensembles soient sphériques, bien séparés et qu'ils contiennent approximativement le même nombre de points. Pour pallier cet inconvénient, Eytan Domany a conçu un algorithme, fondé sur une analogie de physique statistique, qui fait apparaître naturellement les différents sous-ensembles de

points sans connaissance *a priori* du type de données à regrouper.

En physique statistique, il existe un modèle où des sous-ensembles apparaissent naturellement, le modèle de Potts. Ce modèle décrit, en fonction de la température, le comportement collectif d'un ensemble d'atomes auxquels sont associés des moments magnétiques (des spins) pouvant prendre de nombreuses orientations. Lors de transitions de phases du système (transitions entre une phase désordonnée et une phase plus ordonnée), des régions avec des spins de même orientation apparaissent.

Par analogie, on associe à chaque point de l'ensemble étudié un spin qui peut prendre plusieurs valeurs (les moments magnétiques peuvent s'orienter dans plusieurs directions) et on introduit une interaction entre points voisins qui décroît avec la distance. C'est l'équivalent d'un système magnétique qui présente trois phases : à basse température, le système est complètement ordonné car tous les points ont leurs spins orientés dans le même sens ; lorsque la température croît, les spins fortement couplés (c'est-à-dire ceux relativement proches) restent corrélés ce qui permet de distinguer des sous-ensembles de points. La transition vers cette phase intermédiaire est caractérisée par un saut brusque des paramètres d'ordre du système, calculés grâce à la physique statistique. Finalement, à très haute température le système est complètement désordonné et chaque point forme un sous-ensemble.



Pour 150 fleurs d'iris appartenant à trois espèces, on mesure quatre paramètres. On place ces points dans un espace à quatre dimensions et on associe à chaque point un «spin» (les petites flèches blanches). En élevant artificiellement la «température» du système, les points se séparent selon leur distance dans l'espace à quatre dimensions, ce qui s'observe sur l'orientation des spins. D'abord, un groupe formé par les *Iris setosa* se sépare du groupe constitué des *Iris versicolor* et des *Iris virginica*. À température supérieure, ce dernier se subdivise, et on retrouve la classification en espèces.

Considérons un exemple. Pour 150 fleurs d'iris appartenant à trois espèces, on mesure quatre paramètres : la longueur et la largeur des pétales et des sépales. On possède donc un ensemble de 150 points dans un espace à quatre dimensions, la position de chaque point étant déterminée par les quatre mesures. L'analyse «magnétique» distingue-t-elle les sous-ensembles de points relatifs à chaque espèce ?

On associe à chaque point un spin dont la position est déterminée par les quatre paramètres et qui peut prendre de nombreuses orientations. À température nulle, tous les spins sont orientés dans le même sens : les données forment un seul ensemble. On «chauffe» alors le système en diminuant les interactions entre spins. Plus les points sont proches, plus les interactions entre les spins sont importantes. Lorsque la température dépasse un premier seuil, on

assiste à une transition de phase : deux sous-ensembles de points apparaissent, d'une part, les points correspondant aux *Iris setosa* et, d'autre part, ceux qui correspondent aux *Iris versicolor* et aux *Iris virginica*, ce qui montre que, pour les paramètres mesurés, les fleurs de ces deux espèces sont plus proches. À une température encore supérieure, un nouveau changement de phase se produit et ce dernier groupe se sépare encore. Finalement, on obtient trois sous-ensembles avec des spins alignés : les points sont séparés selon l'espèce à laquelle ils correspondent.

Cette méthode a montré son efficacité dans plusieurs cas réels comme le traitement d'images de satellites ou la reconnaissance de la parole. Elle fait ressortir naturellement le nombre de sous-ensembles et elle reste efficace lorsque l'on étudie des ensembles de tailles, de densités et de formes variées.

Agrégats neurotoxiques

Des amas de protéines anormales seraient stabilisés par une enzyme, dans le cerveau des personnes atteintes de la maladie de Huntington.

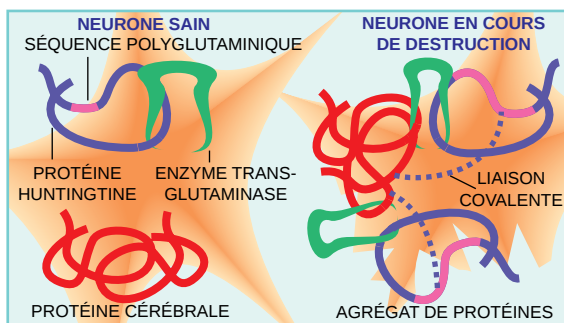
On a récemment découvert des protéines anormales dans le cerveau des personnes atteintes de la maladie de Huntington ou de six autres maladies neurodégénératives (où certains groupes de neurones sont détruits). Nous avons montré qu'une enzyme favorise la création de liaisons stables entre ces protéines anormales et d'autres protéines cérébrales : chez les malades, elles s'accumuleraient dans les neurones au lieu d'être dégradées et éliminées.

La maladie de Huntington est la plus fréquente de ces sept maladies ; 6 000 Français en sont atteints. Elle se manifeste par des mouvements anormaux, une instabilité émotionnelle et une démence progressive. La maladie évolue sur une vingtaine d'années. Une proportion notable des neurones du cortex cérébral, notamment, est détruite.

Les sept maladies apparaissent souvent à l'âge adulte, ce qui est rare

pour des maladies génétiques. Elles sont dominantes, c'est-à-dire qu'il suffit qu'un des deux parents soit atteint pour que l'enfant puisse l'être. Comme les symptômes apparaissent tardivement, les personnes atteintes ont souvent déjà eu des enfants lorsqu'elles découvrent leur maladie, laquelle tend à être plus précoce et plus grave au fil des générations.

Ces maladies sont causées par sept protéines différentes, mais dans cinq cas, on en ignore la fonction normale. Ces protéines ont en commun une séquence, nommée séquence polyglutaminique, qui contient une répétition de la glutamine : dans la population saine le nombre moyen de motifs glutamine dans cette séquence est égal à 20. Lorsque cette séquence dépasse une quarantaine de motifs glu-



Lorsque la protéine huntingtine contient une région nommée séquence polyglutaminique (en rose) de petite taille, l'enzyme transglutaminase n'a pas d'action délétère et les neurones restent sains (à gauche). Au contraire, lorsque la séquence polyglutaminique est longue, l'enzyme crée des liaisons covalentes entre la huntingtine et des protéines cérébrales (à droite). Chez les patients atteints de la maladie de Huntington, les neurones semblent disparaître à cause de la formation de ces amas de protéines.