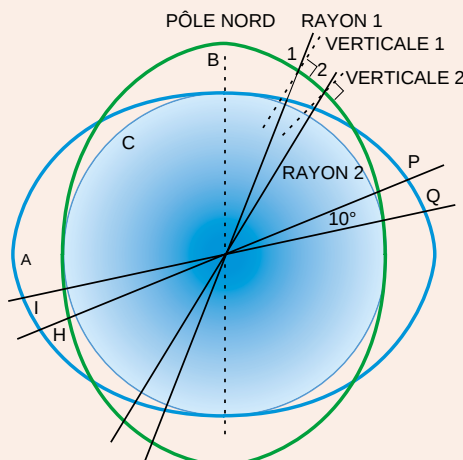


Des expériences mal interprétées

La Terre est-elle aplatie aux pôles? Sur la figure, A est une Terre aplatie aux pôles, C une Terre sphérique et B une Terre aplatie à l'équateur. Sur C, un rayon, tel H ou I, coïncide avec la verticale en chaque point de la Terre. Au contraire, sur B, les rayons, aux points 1 et 2, ne coïncident pas avec les verticales, perpendiculaires à la surface. Le rapport de la distance 1-2 sur l'angle entre les verticales 1 et 2 est constant pour la Terre sphérique. Que devient-il sur la Terre réelle? Lors de leurs expéditions au pôle et à l'équateur, les Académiciens trouvèrent que le rapport est inférieur à l'équateur, d'où ils conclurent que la Terre est aplatie aux pôles, comme l'avait prévu Newton. Toutefois, l'antinewtonien Jean-Pierre David prétendit que les Académiciens avaient mal défini la verticale. Pour lui, la verticale passait toujours par le centre de la Terre, et n'était pas nécessairement perpendiculaire à sa surface. Sur la Terre aplatie aux pôles (A), un angle au centre découpe un arc PQ dont la longueur augmente quand on se rapproche de l'équateur. David conclut que, sur A, le rapport entre PQ et l'angle au centre correspondant *augmente* vers l'équateur; donc la Terre doit être aplatie à l'équateur, en forme de citron (B). En fait, David utilisant une définition erronée de la verticale, son rapport était surévalué, car l'angle des «vraies» verticales, en P et

Q était supérieur à 10 degrés. Une autre expérience a été utilisée par les antinewtoniens contre la théorie de la gravitation.

Dans le temple de l'Oratoire, Joseph-Étienne Bertier avait placé une balance à fléau à 25 mètres du sol. Dans le plateau de gauche, il posait un poids. Dans celui de droite, il plaçait une corde et une masse pour équilibrer la balance. Ensuite, il déroulait la corde attachée sous le plateau de droite et y suspendait le poids qui équilibrait la balance avant le début de l'expérience. Quand la corde était déroulée, la balance pen-



1. Les newtoniens voyaient la Terre comme une citrouille aplatie aux pôles (A), tandis que les antinewtoniens y voyaient un citron (B).

chait vers la gauche. Bertier en conclut que les objets pesaient plus lourd quand ils étaient plus haut. La querelle s'envenima entre Bertier et ses adversaires. L'expérience fut reproduite dans d'autres églises. On finit par comprendre, en utilisant des objets plus ou moins denses que l'effet résulte de la diminution de la densité de l'air avec l'altitude (quand l'objet suspendu est dense et peu volumineux, la poussée exercée par la masse d'air déplacée est faible et l'équilibre peu perturbé). Bertier publia à regret un article où il se rétractait, mais il continua à être convaincu que la pesanteur augmente avec l'altitude, jusqu'à une altitude qui n'avait pas encore été déterminée.

Mercier est aussi un mythe. Ce travail de détective met au jour la fraude et est publié non dans le *Journal des Beaux-Arts et des Sciences*, mais dans celui, plus prestigieux, de l'abbé Rozier, *Observations sur la Physique*. Le Sage ne fait aucune hypothèse sur l'identité réelle de l'auteur des faux.

Les principaux suspects sont Bertier et David, mais ils ont fait d'autres expériences dont les résultats ne sont pas compatibles avec ceux de Coultaud. S'ils étaient les fraudeurs, ils auraient sans doute falsifié tous leurs résultats. Qui était Jean Coultaud? Peut-être était-ce Hyacinthe-Sigismond Gerdil (1718-1802) un théologien et prêtre barnabite qui, en 1777, fut nommé cardinal et qui postula pour être pape à la fin de sa vie. Gerdil était un philosophe conservateur, cartésien convaincu et opposé à la théorie de Newton. De surcroît, Gerdil avait une maison familiale à Samoëns et au moment de la fraude, il vivait à Turin où il était professeur de théologie morale et tuteur du fils du roi de Sardaigne. Enfin, le style des articles de Coultaud et Mercier ressemble beaucoup à celui des traités de physique de Gerdil. En 1754, il avait publié une *Dissertation sur l'incompatibilité de l'attraction avec les phénomènes*. Il tentait d'y réfuter la théorie

de l'attraction universelle en utilisant les phénomènes de capillarité. Il notait que si l'on applique un peu de graisse à l'intérieur d'un capillaire, l'eau ne monte pas dans le tube. Or l'attraction du verre pour l'eau ne disparaît pas par la seule présence de la graisse. Il en déduisait que l'attraction n'existe pas non plus en l'absence de graisse et, donc, qu'elle n'existe jamais.

GERDIL : LE COUPABLE?

Ainsi Gerdil faisait aussi partie des antinewtoniens, connaissait Turin et Samoëns : il a pu écrire l'article sur les horloges à balanciers. Pourquoi aurait-il envoyé cet article en 1768, 14 ans après avoir rédigé son traité? Il a sans doute été motivé par la publication d'un article de Lalande, en 1768. L'auteur mettait en doute les interprétations de Gerdil sur la capillarité et refusait ses arguments contre l'attraction universelle. Lalande expliquait qu'une goutte d'eau placée au sommet d'un tube graissé ne descend pas, ne pénètre même pas dans le tube. On ne pouvait pourtant pas en déduire que la gravitation n'existe pas. Pour lui les expériences sur la capillarité tendaient même plutôt à confirmer qu'à infirmer la réalité de l'attraction : «L'élévation du fluide

qu'on observe dans ces tuyaux me paroît de tous les phénomènes de la Physique expérimentale celui qui prouve le mieux l'attraction.» Le texte de Lalande renversait tous les arguments de Gerdil, ce qui l'aurait incité à trouver d'autres preuves expérimentales pour réfuter la théorie de Newton. Un mois plus tard, le mystérieux Coultaud publiait son article.

Nous ne saurons jamais avec certitude qui a écrit les articles signés Coultaud et Mercier. Cette affaire n'est pas caractéristique des fraudes en science. Habituellement, les fraudes sont commises par des personnes qui y voient un moyen de faire progresser plus rapidement leur carrière, d'enjoliver leur renommée ou encore de tirer un bénéfice financier. Dans ce cas, il ne s'agissait vraisemblablement ni de renommée, ni de profits, mais plutôt de conviction philosophique. Jean Coultaud – quelle que fût son identité – n'admettait pas la théorie de Newton qui attribuait une force d'attraction à la matière inanimée. Il craignait que la conception classique du monde, qui conciliait si bien la physique de Descartes et la doctrine de l'Église, ne s'effondre.

James EVANS est professeur de physique à l'Université de Puget Sound, à Tacoma.

Le retour du mildiou

Le champignon qui provoqua la grande famine irlandaise fait peur de nouveau.

En 1845, le mildiou se répandit dans les cultures de pommes de terre de l'Europe entière. La famine qui s'ensuivit tua, notamment, plus d'un million d'Irlandais. Aujourd'hui, de nouvelles souches de *Phytophthora infestans*, le champignon responsable du mildiou, se propagent à travers le monde et remplacent les anciennes populations du parasite. Nombre de ces souches pathogènes résistent au métalaxyl, l'un des seuls fongicides capables de ralentir la dissémination du mildiou.

Le champignon, originaire de la vallée de la Toluca, au Mexique, existe sous deux formes sexuellement compatibles (qui peuvent se reproduire de manière sexuée), nommées A1 et A2. Pour des raisons mal comprises, seul le type A1 est sorti du Mexique au XIX^e siècle, probablement sur une plante malade. Depuis cette première migration, l'utilisation de divers fongicides, mais aussi de programmes de lutte combinant les outils génétiques et culturels, ont maîtrisé le parasite de manière satisfaisante dans la plupart des régions.

Toutefois, depuis le milieu des années 1980, une recrudescence des attaques de mildiou s'est manifestée en Amérique du Nord, où la maladie ne sévissait auparavant que de façon sporadique, mais aussi dans d'autres parties du monde. Alors qu'en dehors du Mexique, seul le type A1 avait jusqu'alors été observé, le suivi des populations du champignon révèle désormais

la présence sur les différents continents d'un mélange de souches A1 et A2. La présence simultanée des deux types sexuels A1 et A2 permet au champignon, du moins théoriquement, de se reproduire de manière sexuée, alors qu'il ne peut se multiplier que de manière asexuée lorsque seul l'un des deux types est présent.

Existe-t-il une relation entre cette nouvelle possibilité de reproduction et l'apparition de nouvelles souches de champignon du mildiou ? C'est possible, mais pas encore démontré. Certains chercheurs, dont William Fry et ses collègues de l'Université Cornell, pensent que l'augmentation de diversité relevée chez le parasite aux États-Unis et au Canada résulte d'apports migratoires répétés, mais aussi de recombinaisons sexuées entre souches présentes localement. Ils attribuent le remplacement rapide des populations à la résistance au métalaxyl des souches nouvellement introduites, mais aussi à une augmentation de leur pouvoir pathogène sur la pomme de terre.

Cette explication ne s'applique cependant pas aux changements observés en Europe : les apports migratoires s'y sont vraisemblablement limités à une seule introduction récente en provenance du continent américain, en 1976-1977, lors d'importations de quantités importantes de pommes de terre pour compenser la disette de cette année de sécheresse. Des phénomènes complémentaires – voire indépendants – de la reproduction sexuée, comme des effets de dérive génétique (extinction aléatoire de certaines souches) lors de la survie du parasite durant les périodes hivernales, auraient aussi contribué aux modifications des populations.



Les champignons du mildiou ont des sacs de 35 micromètres de longueur, remplis de spores.

Au cours des dernières années, le champignon, qui nécessite un climat humide pour se développer, a causé des pertes annuelles de plus de 14 millions de tonnes sur les récoltes mondiales de pommes de terre. Si la gravité des attaques dépend pour une grande partie du climat (1997 a été une année particulièrement favorable au mildiou en Europe, alors que les attaques ont été beaucoup plus modérées en 1996), elle dépend également de la vigilance des producteurs et, en particulier, de l'application préventive de fongicides, qui bloquent la germination des spores du parasite.

Toutefois, les applications de fongicides coûtent cher, et elles ne sont pas sans conséquences sur la santé des agriculteurs et sur l'environnement. Les biologistes préconisent donc une stratégie globale, faisant plus largement appel aux capacités de résistance de la plante. Ainsi, depuis 1996, le Centre international de la pomme de terre, basé à Lima (Pérou), coordonne un programme mondial destiné à lutter contre le mildiou. Son but est la mise au point de variétés de pommes de terre résistant à l'ensemble des souches du champignon. L'une des voies poursuivies est le croisement avec des espèces résistantes apparentées. Certaines variétés, déjà disponibles, sont utilisées principalement pour des cultures vivrières. Les agronomes cherchent maintenant à adapter ces variétés très résistantes aux exigences des marchés européens ou américains de produits frais, ainsi qu'aux exigences de la transformation industrielle ; dans ces deux cas, d'autres caractéristiques que la résistance au mildiou (comme le goût ou le rendement) sont primordiales. Outre cet effort d'amélioration génétique de la plante, une stratégie globale requiert aussi des moyens de prévision des épidémies, afin de minimiser l'utilisation des pesticides.



Les pommes de terre infectées par le mildiou sont recouvertes d'une pourriture sèche brunâtre.

Forges gallo-romaines

Les déchets renseignent sur l'organisation des forges et sur le savoir-faire des forgerons.

Les forgerons gallo-romains étaient réputés pour leur savoir-faire. Comment travaillaient-ils ? Les rares produits finis découverts dans les ateliers des sites archéologiques apportent peu d'informations sur les étapes de leur fabrication. En revanche, l'analyse physique et chimique des déchets produits lors du forgeage a permis de reconstituer l'activité d'ateliers du I^{er} siècle de notre ère. L'étude fine de ces déchets nous informe même sur le niveau technique des forgerons qui travaillaient là.

Lors du chauffage d'une pièce en acier, un oxyde, la calamine, se forme au contact de l'oxygène de l'air. Les contraintes mécaniques exercées sur la calamine par le forgeage la détachent de la surface sous forme de petits éléments, nommés battitures. La composition physico-chimique, la forme et la structure cristallographique des battitures renferment des informations sur l'opération de forgeage qui les a engendrées : température, martelage et technique.

Nous avons produit un ensemble de battitures pour plusieurs opérations associées au forgeage définies à partir de données archéologiques et ethnographiques et dans des conditions variées et bien caractérisées. La comparaison, avec ces battitures de référence, des battitures découvertes sur les sols d'ateliers qui ont fonctionné entre 15 et 80 de notre ère, sur le site de la Cité judiciaire, à Bordeaux, a révélé

que des forgerons-charrons y avaient principalement fabriqué des bandages de roues.

Nous avons localisé, sur une importante aire d'activités, des ateliers correspondant à sept étapes successives de fabrication : fabrication d'ébauches par étirage de lingots de métal brut ; réalisation de profilés à section rectangulaire ; assemblage des profilés en bandages de longueur désirée ; calibrage des bandes ; traitement thermochimique ; formage et cintrage sur un gabarit ; fermeture du cercle par soudage localisé à chaude portée (les deux extrémités à souder sont portées à 1 250 °C environ par martelage, puis des minéraux projetés réduisent la température de fusion du métal en surface et empêchent la formation d'oxydes).

Des analyses qualitatives de battitures produites par deux ateliers d'une même zone, donc par des opérations semblables, révèlent des structures microscopiques et des compositions chimiques légèrement différentes : ces variations résultent du savoir-faire des forgerons. Ceux-ci évaluent en effet la température de chauffe en fonction de la couleur du métal. Cette perception varie d'un individu à l'autre et peut produire un écart de 40 à 70 °C, suffisant, par exemple lors d'une opération de soudage, où l'on ajoute des fondants minéraux, pour modifier la constitution physique ou chimique des battitures. De même, une frappe plus ou moins régulière du forgeron laisse des stigmates reconnaissables dans les battitures. L'observation et la comparaison des battitures sur ces critères permet ainsi de distinguer les productions de plusieurs forgerons.

Jean-Claude LEBLANC, Lab. de minéralogie et de cristallographie, Université Paul-Sabatier, CNRS UMR 5563, Toulouse

BRÈVES

Cosmologie ancienne

Dans le Sud du Sahara égyptien, sur le site de Nabta, des archéologues ont découvert un alignement de mégalithes plus ancien que tous ceux qui étaient connus. Ces pierres, dont certaines ont près de trois mètres de hauteur, ont été érigées il y a 6 000 à 6 500 ans (1 000 avant Stonehenge), alors que la région, moins aride qu'aujourd'hui, était peuplée de bergers. Ces alignements avaient-ils une fonction astronomique ? Vraisemblablement, car plusieurs d'entre eux sont orientés selon les points cardinaux. En outre, un cercle de ces mégalithes est ouvert dans la direction du lever du Soleil au solstice de juin de cette époque. Il y a 5 000 ans, la désertification de la région la dépeupla. L'exode de ses habitants vers la vallée du Nil aurait favorisé le développement économique et culturel de la Haute Égypte.



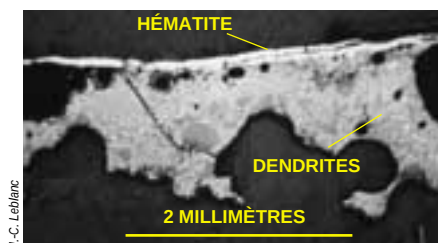
Nuit de labour

La nuit est propice aux labours : les graines de la plupart des mauvaises herbes requièrent de la lumière pour la germination, alors que les graines de semis comme le blé germent dans le noir. Aussi, quand on laboure de jour, des graines de mauvaises herbes sont amenées à la surface où elles germent avant d'être enfouies à nouveau. À l'inverse, les labours de nuit ne permettent pas la germination des mauvaises herbes, de sorte qu'une quantité inférieure d'herbicide est requise.

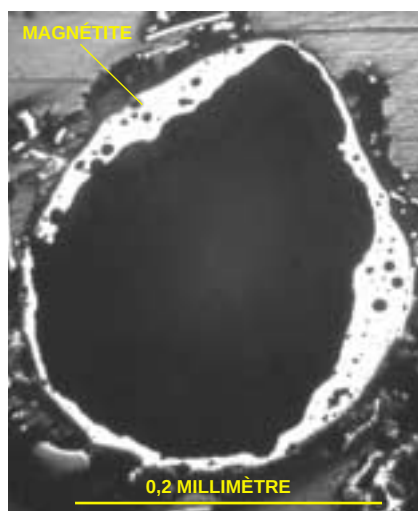
De nouveaux antibiotiques

De plus en plus de bactéries résistent aux antibiotiques, et plusieurs souches sont déjà multirésistantes. Pour éviter d'être démunis face aux maladies bactériennes, on doit utiliser avec parcimonie les antibiotiques encore efficaces ou trouver de nouvelles classes de ces précieux médicaments. Une équipe de Boston a synthétisé de la myxopyronine, une substance qui inhibe la multiplication des bactéries résistantes, et que, jusqu'à présent, on n'avait isolé qu'en quantité infime, dans certaines bactéries. La myxopyronine inhibe l'enzyme ADN polymérase bactérienne, indispensable à la réplication cellulaire, sans agir sur l'enzyme correspondante humaine.

Suite page 22



La structure microscopique et la composition chimique des déchets, nommés battitures, produits par le forgeage sont caractéristiques de l'opération réalisée. Une battiture lamellaire (à gauche), avec un liseré d'hématite et des dendrites en oxydes de fer cristallins, a été produite lors du forgeage et du soudage d'une grosse pièce. Une petite battiture globulaire creuse (à droite), entourée d'une pellicule de magnétite, est un résidu du soudage d'une petite pièce.



Viagra : les premiers doutes

Une étude conduite sur 532 hommes, la moitié prenant la pilule *Viagra*, qui rétablit la fonction érectile, l'autre moitié recevant un placebo, vient d'être publiée dans le *New England Journal of Medicine* : les hommes prenant *Viagra* ont eu deux fois plus d'érections. Toutefois, les hommes qui ont participé à l'étude n'étaient pas tous impuissants. En outre, la pilule ne traitait pas la cause de l'impuissance, les patients risquent d'augmenter les doses, ce qui inquiète les ophtalmologistes : *Viagra* dilate les vaisseaux, augmen-



Musées du Vatican

tant l'afflux de sang dans le pénis en inhibant une enzyme qui, par ailleurs, est indispensable au bon fonctionnement des cellules de la rétine responsables de la vision des couleurs. Or les personnes ayant un déficit congénital de cette enzyme finissent par souffrir de lésions irréversibles de la rétine. Une surconsommation de *Viagra* aura-t-elle les mêmes conséquences?

Le «star system»

Une société de l'Illinois qui, en échange de quelques centaines de francs, attribue à des étoiles les noms choisis par ses clients est poursuivie pour publicité mensongère : les astronomes n'utilisent, outre les coordonnées stellaires, que les noms attribués par l'Union astronomique internationale, qui ne commercialise pas ces noms.

Riches gallo-romaines

Deux sépultures du Bas-Empire romain (IV^e siècle de notre ère), exceptionnellement conservées, ont été découvertes à Naintré, dans la Vienne. Deux caveaux accolés contenaient chacun des vases, de la vaisselle, divers autres objets familiers, et aussi un sarcophage en pierre et un cercueil en plomb. À l'intérieur de ces derniers, qui n'ont été qu'entrouverts, les restes de deux femmes de classe aisée sont couverts de leurs vêtements et reposent sur des étoffes. Le Centre archéologique régional de Poitiers installe un laboratoire en atmosphère contrôlée (80 pour cent d'humidité et 5°C) avant de rouvrir les cercueils et d'en entreprendre l'étude.

Suite page 24

Rééducation accélérée

L'injection de stimulants facilite la récupération de chats paraplégiques

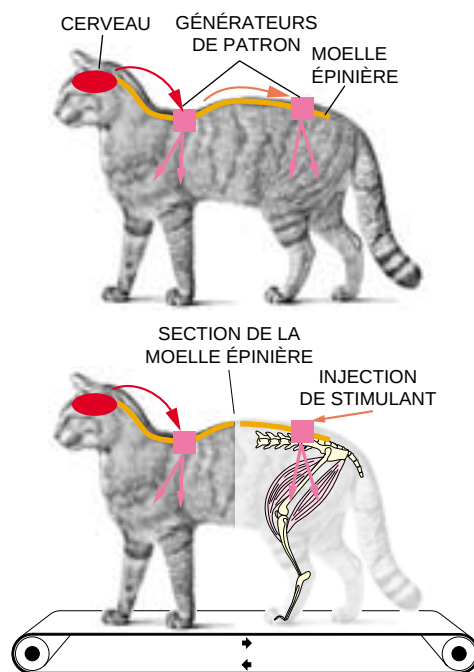
Une lésion de la moelle épinière, due à un traumatisme vertébral ou à une maladie, entraîne souvent une paralysie des membres inférieurs. Saura-t-on un jour faire remarquer les personnes atteintes? Nous avons rééduqué les membres postérieurs de chats paraplégiques en combinant un entraînement sur tapis roulant et l'injection temporaire d'un produit stimulant.

Comment marchons-nous? Chez les mammifères supérieurs, comme chez les invertébrés et chez les vertébrés primitifs, le «patron locomoteur», séquence d'activation coordonnée des muscles qui produit les mouvements alternés des membres, du corps ou des appendices nécessaires à la locomotion, est engendré par un ensemble de neurones nommé «générateur central de patron» qui est situé, pense-t-on, dans la moelle épinière. Les centres supérieurs du cerveau l'activeraient et l'adapteraient aux besoins de l'animal (vitesse, direction...) en libérant des neurotransmetteurs. La peau, les muscles et les articulations transmettent aussi au générateur de patron des informations qui permettent l'adaptation des mouvements aux contraintes de l'environnement immédiat (obstacles, surface inégale, etc.).

Chez des chats dont la moelle épinière est coupée au niveau de la dernière vertèbre thoracique, le cerveau ne commande plus le générateur central de patron des membres postérieurs, car les neurotransmetteurs qui activent la marche sont synthétisés par des neurones situés au-dessus de la moelle épinière, dans le tronc cérébral. Le train arrière reste donc paralysé.

Nous avons injecté dans l'arrière-train de tels chats, près de la moelle épinière, de la clonidine, une molécule qui imite certaines actions des neurotransmetteurs et qui active des neurones de la moelle épinière. L'enregistrement de l'activité musculaire montre l'apparition d'une activité rythmique alternée dans les deux membres quelques minutes seulement après l'injection de la clonidine. Placé sur un tapis roulant, l'animal commence à marcher.

En outre, l'injection quotidienne de clonidine, les jours qui suivent la lésion, permet l'entraînement quotidien du



Chez les vertébrés supérieurs, les muscles responsables de la marche sont activés (flèches roses) par des générateurs de patron locomoteur (carrés roses) situés dans la moelle épinière (trait orange) ; ces générateurs sont activés lorsqu'ils reçoivent des neurotransmetteurs (flèches rouges) émis par le cerveau. Chez un chat dont la moelle épinière est coupée (en bas), la commande volontaire de la marche du train arrière est impossible. L'injection d'un stimulant (clonidine) près du générateur de patron facilite la marche sur tapis roulant : après une semaine d'entraînement, le chat marche seul sur le tapis.

chat à la marche sur un tapis roulant (cet entraînement précoce serait impossible sans la drogue). La récupération locomotrice semble ainsi accélérée : en une semaine environ, au lieu de plusieurs, le chat peut marcher sur le tapis roulant avec son train arrière sans injection préalable de clonidine.

Une telle approche combinant l'entraînement locomoteur et la pharmacothérapie, de même que la stimulation électrique fonctionnelle des membres, est en cours de validation chez l'homme dans des laboratoires québécois et français. Elle faciliterait une certaine récupération fonctionnelle. Elle ne rétablit toutefois pas la commande volontaire de la marche. D'autres thérapeutiques sont aussi explorées : la greffe de cellules libérant des substances analogues à la clonidine dans la moelle épinière, ou de cellules qui rétablissent des connexions entre les parties lésées de la moelle épinière et le générateur central de patron qui commande les jambes.

Serge ROSSIGNOL

Centre de recherche en sciences neurologiques, Université de Montréal