

Vagues scélérates

On commence à comprendre pourquoi des vagues géantes surgissent en pleine mer, même quand la tempête ne fait pas rage.

Le 1^{er} Janvier 1995, au cours d'une tempête modérée où la hauteur des vagues atteignait une dizaine de mètres, une vague s'éleva soudain à plus de 18 mètres au-dessus du niveau moyen de la mer et endommagea le matériel entreposé sur le pont de la plate-forme pétrolière *Draupner*, en Mer du Nord, bien que toutes les études aient prévu que ce pont était à une hauteur qui garantissait sa sécurité. Les rapports d'accidents mentionnent souvent de telles «vagues scélérates», des vagues géantes qui surviennent même quand la mer n'est pas déchaînée. En 1982, la plate-forme *Ocean Ranger*, au large de Terre-Neuve, a disparu, avec 84 de ses membres, à cause d'une vague scélérate qui a déferlé dans la salle de contrôle ; le navire *Derbyshire*, long de 300 mètres et qui transportait du minerai, a coulé en 1980, à proximité d'un typhon, dans la mer du Japon, probablement à cause d'une vague monstrueuse ; en 1943, une vague brisa les vitres de la passerelle, située à 27 mètres au-dessus de la ligne de flotaison, du paquebot *Queen Elizabeth*.

Certaines vagues géantes ont des origines connues. Ainsi, les raz-de-marée, ou tsunamis, résultent souvent de glissements de terrain sous-marins ; les «rouleaux du Cap», en Afrique du Sud, sont créés par la houle issue des quarantièmes rugissants qui se dirige vers le Nord-Est et qui se heurte au courant des Aiguilles, lequel longe vers le Sud-Ouest la côte Est de l'Afrique du Sud. Les vagues scélérates ne sont pas dues à ces phénomènes, et leur fréquence dépasse les prévisions des théories classiques, selon

lesquelles une vague, comme celle qui a touché la plate-forme *Draupner* en 1995, a une probabilité de l'ordre de trois pour 10 000 de se produire en une année. Toutefois, d'après l'examen des accidents survenus aux plates-formes pétrolières du monde entier, la probabilité serait supérieure à un pour cent.

Ces vagues sont dangereuses et font l'objet d'études, afin que nous puissions, à terme, prévoir les situations à risques pour alerter les professionnels. D'après des observations en mer, des reconstitutions en bassin et des simulations numériques, nous commençons à mieux comprendre leur formation. Les vagues «classiques» sont créées par la friction du vent sur la surface de la mer. Elles se propagent ensuite pendant quatre à cinq jours, avant de rencontrer une côte ou de s'atténuer et de disparaître. Elles se combinent aussi avec des vagues qui proviennent d'autres zones. La répartition de l'énergie est alors assez uniforme dans le temps et dans l'espace. Au contraire, les vagues scélérates concentrent énormément d'énergie vraisemblablement selon un des trois scénarios que nous proposons.

Certaines vagues scélérates se produisent plus fréquemment dans des mers fortes, où les vagues sont déjà formées. Elles proviendraient de vagues jeunes, qui naissent dans une mer en croissance. Ces vagues, de plus en plus hautes, se propagent toujours plus vite, et rattrapent celles que la tempête a déjà produites : les vagues finissent par «s'empiler» au même endroit.

D'autres vagues scélérates résultent de la présence de vents particulièrement violents, mais surviennent pendant les accalmies. Le vent, très fort, dissiperait l'énergie des vagues, un peu comme la soupape de sécurité d'une cocotte-minute et empêcherait les vagues de s'élever pendant la tempête ; au moment où le vent se calme, cette «soupape» serait enlevée et l'énergie emmagasinée serait



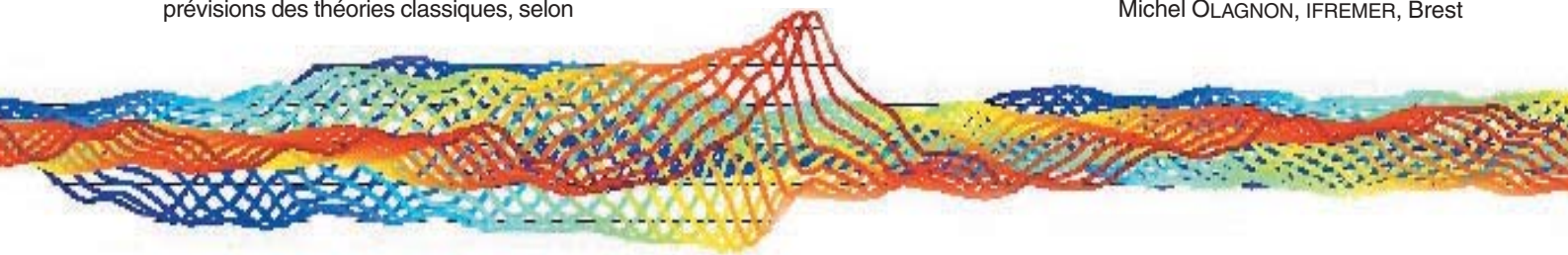
Cette vague géante, ou scélérate, se propage tel un mur d'eau. Cette photographie a été prise dans le Golfe de Gascogne, probablement dans les années 1940 ou 1950.

libérée d'un seul coup, donnant naissance à une immense vague.

Selon divers témoignages, certaines vagues scélérates ressemblent à un mur d'eau s'étendant à perte de vue. Elles proviendraient d'une dépression, à l'image d'un raz-de-marée. Plus précisément, différentes vagues surgies du centre de la dépression se conjugueraient en phase et en amplitude pour former une vague unique, et se propager ensuite comme telle.

Les trois scénarios n'ont jamais été détectés simultanément. Ces vagues scélérates sont probablement de différents types, avec autant de mécanismes distincts pour les engendrer. Nous cherchons à prévoir ces vagues à l'avance pour prévenir les personnes concernées et nous essayons d'élaborer une théorie de ces mécanismes. Pour y parvenir plus rapidement, il nous faudra mettre en commun les observations réalisées au sein d'une coopération internationale (Europe, Japon, USA, Russie...), faire l'étude statistique des résultats et valider nos modèles grâce à toutes ces données.

Michel OLAGNON, IFREMER, Brest



La vague géante qui s'est abattue sur la plate-forme *Draupner* a été reconstituée par simulation à partir des signaux mesurés sur la plate-forme 20 minutes avant la vague. Une de ses composantes se trouvait

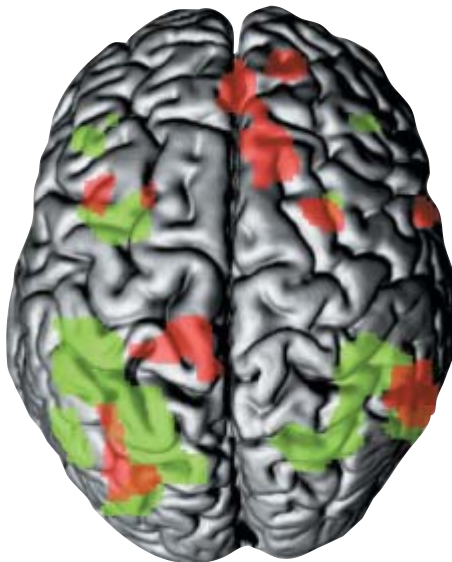
à 250 mètres en amont 30 secondes avant le drame, une autre à 280 mètres, une autre à 200 mètres, etc. On voit ainsi la vague se rapprocher et les composantes se concentrer jusqu'au maximum (*en rouge*).

Le calculateur prodige

En observant le fonctionnement de son cerveau, on a découvert, chez un as du calcul mental, un mode spécifique de traitement des nombres.

Petit exercice de calcul mental : $2 + 2$? Facile! Maintenant : 17×12 ? Plus difficile, mais calculable avec quelques trucs et les tables de multiplication durement acquises à l'école primaire. Pour finir : 62 à la puissance 6 ? Vous n'y arrivez pas? C'est que vous n'utilisez pas votre cerveau comme le fait Rüdiger Gamm, un jeune prodige allemand du calcul mental, âgé de 26 ans, qui détermine le résultat de cette opération en quelques secondes. L'équipe de Nathalie Tzourio-Mazoyer, du Groupe d'imagerie neurofonctionnelle du CNRS, à Caen, en collaboration avec celle du neuropsychologue Mauro Pesenti, de l'Université catholique de Louvain, a percé ses secrets.

À l'aide de la caméra d'un tomographe à émission de positons (un dispositif qui mesure le débit sanguin dans le cerveau, indiquant de cette façon les zones cérébrales qui participent à telle ou telle tâche mentale), ils ont visualisé les aires activées lors d'un calcul complexe, et ils les ont comparées avec celles qu'utilise un calculateur normal. Com-



Nathalie Tzourio-Mazoyer-Nature Neuroscience

Les aires du cerveau (ici, vu du dessus) activées lors d'un calcul complexe sont différentes selon que vous êtes un calculateur normal ou un prodige du calcul mental comme R. Gamm. Dans le premier cas, ce sont les aires en vert qui sont activées ; elles correspondent aux aires de la mémoire de travail des informations visuelles et spatiales. Dans le second cas, vous utilisez aussi votre mémoire épisodique (à long terme) localisée dans les aires rouges.

ment calcule-t-on? Depuis l'étude de personnes aphasiques (qui ont perdu la capacité de parler), on sait qu'il existe un rapport étroit entre le langage et le calcul, car des lésions de l'hémisphère gauche qui est dédié au langage entraînent des difficultés à calculer. De plus, des travaux récents effectués par Laure Zago, à Caen, ont mis en évidence, chez des calculateurs normaux, les aires du cerveau sollicitées par un calcul mental simple, et par un calcul complexe, par exemple, une multiplication de nombres à deux chiffres.

Chez les calculateurs normaux, le calcul complexe s'effectue dans les aires pariétales et frontales de l'hémisphère gauche. Il s'agit d'aires qui traitent les informations visuelles et spatiales et qui sont le siège de la mémoire dite de travail de ces mêmes informations : ces aires stockent des informations relatives à la tâche en cours, par exemple les résultats intermédiaires d'un calcul complexe. Lorsque la tâche est accomplie, ces «souvenirs fugaces» s'effacent, car la quantité d'informations que peut stocker cette mémoire et la durée de stockage sont limitées : une information chasse l'autre.

Lors d'une multiplication de deux nombres à deux chiffres, l'équipe d'imagerie fonctionnelle a montré que R. Gamm utilise en plus de ses aires pariétales et frontales, sa mémoire épisodique, dédiée à la mémorisation des événements vécus ; elle contient les éléments du passé individuel, c'est une sorte de mémoire autobiographique. R. Gamm mémorise les résultats intermédiaires d'un calcul complexe dans cette mémoire épisodique, et non dans sa mémoire de travail, comme le font les calculateurs normaux. Il a attribué à la zone cérébrale de la mémoire épisodique de nouvelles fonctions.

Cette mémoire épisodique, localisée dans des aires temporales et préfrontales de l'hémisphère droit, à des capacités illimitées. Par des séances d'entraînement intensives, dignes d'un violoniste virtuose (il s'entraîne plus de six heures par jour), il y a «emmagasiné» les tables de multiplication, mais aussi des tables de racines carrées, de carrés et de cubes, où il puise à volonté : pour R. Gamm, le calcul du carré d'un nombre à deux chiffres équivaut au rappel d'un résultat des tables de multiplication simples pour tout un chacun ; il lui faut environ une seconde.

Ainsi, de telles capacités de calcul ne résultent pas d'une augmentation de l'activité des régions activées par les calculateurs normaux, mais bien d'une stratégie différente à laquelle participent d'autres aires cérébrales.

Si vous n'avez pas encore trouvé, sachez que 62 à la puissance 6 font $56\,800\,235\,584$.

BRÈVES

Carnet rose

L'équipe de Gerald Schatten, de l'Université de Portland, est heureuse de vous annoncer la naissance, le 2 octobre 2000, d'Andi (pour ADNi, abréviation d'ADN inséré), le premier singe génétiquement modifié. Grâce à un virus non infectieux, le gène d'une protéine fluorescente a été inséré dans l'ovule d'un macaque Rhésus : grâce à cette propriété, on a vérifié que le gène inséré est bien présent dans tous les tissus d'Andi. Il est peut-être le précurseur de nouveaux modèles animaux des maladies humaines. Andi est très alerte et joue déjà avec les compagnons de son âge.



Les multiples évolutions de la vie

Un grain de zircon vieux de 4,4 milliards d'années vient d'être découvert en Australie. Il aurait 130 millions d'années de plus que n'importe quel autre minéral et 100 millions d'années de moins que la Terre. On estimait que la vie était apparue 700 millions d'années après la formation de notre planète. Or, la roche où le cristal de zircon s'est développé s'est formée à basse température, au contact de l'eau, près de la surface de la Terre : notre planète était assez froide pour porter déjà de l'eau, des continents et... des conditions favorables à la vie. La plus ancienne preuve de vie sur Terre remonte à 3,85 milliards d'années, mais la découverte du grain de zircon montre qu'elle aurait pu évoluer et s'éteindre plusieurs fois dans l'histoire de la Terre.

Empêcher les thromboses

Chez certains malades, les plaquettes (des cellules sanguines qui participent à la coagulation) s'agglutinent inopinément et entraînent des accidents cardiovasculaires, nommés thromboses. Les plaquettes s'agglutinent sous l'influence de différents facteurs sanguins, notamment de l'adénosine diphosphate, qui se lie à des récepteurs spécifiques de la membrane de ces cellules. L'équipe d'Alan Nurden, de l'Université de Bordeaux, a déterminé la structure du récepteur plaquettaire à l'adénosine diphosphate. Connaissant ce récepteur, on pourra mettre au point des molécules qui empêcheront la fixation de l'adénosine et, par conséquent, l'agglutination des plaquettes ; ils remplaceront l'aspirine, utilisée, notamment, à cette fin.

Un nanohélicoptère

Le premier nanomoteur hybride vient d'être mis au point par l'équipe de Carlo Montemagno de l'Université de Cornell. Le moteur est constitué d'une molécule bioorganique, une enzyme ATPase, et alimenté par de l'ATP (adénosine triphosphate) qui apporte de l'énergie aux cellules vivantes. Ce moteur nanoscopique (80 nanomètres de largeur et 200 nanomètres de hauteur) fait tourner de minuscules pales métalliques en nickel : elles mesurent 750 nanomètres de longueur et 150 nanomètres de diamètre, soit la taille d'un gros virus. Les pales tournent pendant plus de deux heures et leur vitesse atteint huit tours par seconde... vitesse record, mais insuffisante pour faire décoller l'engin.

Les gènes du chêne

Des chercheurs de huit pays européens dont ceux de l'INRA, en France, viennent de réaliser une carte de la diversité génétique des chênes. L'étude est fondée sur l'ADN des chloroplastes du chêne, les cellules où s'effectue la photosynthèse. Dans quelque 2 600 forêts, des échantillons ont été prélevés tous les 40 à 50 kilomètres. C'est le premier inventaire génétique aussi poussé. Les agronomes ont comparé la nouvelle carte génétique des chênes à celle qui a été dressée à partir des restes fossiles. Il en ressort que depuis le réchauffement consécutif aux dernières glaciations, la chênaie européenne s'est reconstituée à partir de trois sites où ils avaient été épargnés : en Espagne, en Italie et dans les Balkans.



L'épaisseur des Andes

La plaque qui porte les Andes est bien plus épaisse que la plaque européenne et son épaisseur varie : de 70 kilomètres sous l'Altiplano, elle n'est plus que de 50 kilomètres sous le plateau de Puna, plus au Sud. Grâce à une nouvelle méthode de mesure, des sismologues de l'Université de Postdam ont suivi la plaque océanique du Pacifique qui s'enfonce sous le continent Sud-américain avant de se fondre dans les roches du manteau. Ils sont ainsi montrés que cet épaisseur variable résulte de la compression de la plaque brésilienne à laquelle s'ajoute une remontée de matériau profond.

La communication des muqueuses

Les allergies alimentaires favorisent les troubles de la respiration.

Vous éternuez ? Les cacahuètes ! Votre nez est bouché ? Les kiwis ! Si de tels diagnostics évoquent ceux que posaient les médecins de Molière, on vient pourtant de montrer que les aliments qui déclenchent des allergies chez certaines personnes favorisent les troubles respiratoires, c'est-à-dire qu'ils sensibilisent non seulement la muqueuse digestive, mais également la muqueuse respiratoire, comme l'ont montré Benoît Wallaert et ses collègues de l'Hôpital Calmette de Lille.

On estime que deux pour cent environ de la population présente des allergies alimentaires. Les allergènes alimentaires déclenchent de l'urticaire, des maux d'estomac ou des diarrhées. Les allergènes aériens, tels les acariens, les moisissures, les pollens, entraînent éternuements, rhinites, larmolements et sifflements dans les bronches. On savait déjà que les personnes asthmatiques ont, plus souvent que la moyenne de la population, des allergies alimentaires. L'inverse est-il vrai également ?

Pour le savoir, B. Wallaert et ses collègues ont sélectionné une quarantaine de personnes qui sont allergiques à certains fruits ou légumes, tels les pêches, les fraises, les kiwis, les bananes, les avocats, les carottes, les céleris ou encore les tomates. La moitié d'entre elles avaient un asthme, mais l'autre moitié n'avait aucun trouble respiratoire connu. Ils leur ont donné à manger de la compote de pommes contenant l'allergène, afin de confirmer que les personnes étudiées présentaient bien une allergie alimentaire. Quelques minutes après l'ingestion de la compote de pommes contenant l'allergène, les signes classiques sont apparus, troubles gastro-intestinaux, urticaire, voire œdème de la bouche et des voies respiratoires.

Puis, lorsque les manifestations de l'allergie avaient disparu, ils ont évalué leur capacité respiratoire à l'aide d'un spiromètre, toutes les 15 minutes durant la première heure, puis toutes les heures. Un test à la méthacholine, une substance qui déclenche la contraction des bronches, a également été réalisé : lorsque les bronches se contractent trop, c'est le signe d'une hyperréactivité bronchique anormale. Cette dernière ne se traduit pas nécessairement par des difficultés respi-

ratoires, mais elle indique que la personne a des risques de devenir asthmatique. L'équipe lilloise a constaté que parmi les personnes allergiques aux aliments et qui n'ont pas d'asthme, la moitié présente une hyperréactivité bronchique au test à la méthacholine, sans autres troubles respiratoires apparents. Chez les personnes ne présentant aucune allergie, la méthacholine ne perturbe pas la capacité respiratoire.

Ces résultats confirment que les muqueuses « communiquent ». En effet, le système immunitaire a deux principales composantes : le système sanguin et le système des muqueuses, lesquelles tapissent notamment les poumons et les intestins, formant une barrière entre l'intérieur et l'extérieur de l'organisme. On estime que 80 pour cent de toutes les cellules immunitaires appartiennent au système des muqueuses. Par ailleurs, on sait que des lymphocytes T spécifiques d'un antigène peuvent être transportés par le système lymphatique ou par le système sanguin et agir sur un site éloigné du ganglion lymphatique où ils ont subi leur maturation. Cette communication des muqueuses explique qu'un vaccin nasal puisse déclencher des réactions immunitaires dans les muqueuses uro-génitales, par exemple. Toutefois, l'intensité des réactions est généralement maximale à proximité du site où les lymphocytes T spécifiques d'un antigène ont été produits.

Les réactions d'hyperactivité bronchique déclenchées par un allergène alimentaire durent longtemps : un an après l'arrêt de l'ingestion de l'allergène, l'anomalie respiratoire persiste. Les réactions inflammatoires de la muqueuse intestinale continuent plusieurs mois après l'allergie elle-même, et il semble qu'il en soit de même pour l'inflammation des muqueuses respiratoires qui suivent cette allergie alimentaire. Les personnes ayant une allergie alimentaire doivent éviter toute prise de l'aliment incriminé non seulement pour ne pas avoir les troubles digestifs associés, mais aussi pour éviter les risques potentiels de maladie asthmatique.



La prothèse de la momie

On a retrouvé un orteil de bois sur une momie de 3 000 ans.

A quand remonte la première intervention chirurgicale ? La première prothèse ? On l'ignore, mais la découverte d'une momie égyptienne datant de plus de 1 000 ans avant notre ère et pourvue d'un gros orteil de bois montre qu'à cette époque, on pratiquait déjà l'art de la prothèse.

Dans divers papyrus figurent des descriptions d'interventions chirurgicales, mais aucune mention de prothèses. Au cours d'une campagne de fouilles dans la nécropole de Thèbes, Andreas Nerlich et ses collègues de l'Université de Munich ont découvert dans une chambre funéraire datant de quelque 3 500 ans, mais utili-

sée longtemps, divers vestiges et, notamment la momie bien conservée d'une femme d'une cinquantaine d'années. Un examen minutieux de la momie a révélé que le gros orteil du pied droit avait été amputé (peut-être en raison d'une gangrène) et remplacé par une prothèse de bois, peinte en maron. Elle est constituée d'un morceau de bois de 12 centimètres de longueur et de trois centimètres de largeur et d'épaisseur. Cet élément était attaché à deux plaquettes de bois latérales, elles-mêmes reliées par des cordelettes de cuir. Le prothésiste avait même poussé l'art du détail jusqu'à sculpter l'ongle. Un morceau de tissu fixé aux plaquettes latérales était enroulé autour du pied assurant une bonne cohésion de l'ensemble. Le gros orteil porte environ 40 pour cent du poids d'une personne au cours de la marche, et quand il est amputé, la marche devient périlleuse. Le doigt de pied



Prothèse de bois d'une momie égyptienne de quelque 3 000 ans.

amputé, a été remplacé par une prothèse fonctionnelle et qui semble avoir été utilisée, étant donné les traces d'usure que les archéologues ont retrouvées sur sa face inférieure.

En effet, nombre de prothèses que l'on retrouve sur des momies semblent avoir été placées après la mort, pour préparer la momie à sa vie posthume. C'est le cas de diverses prothèses de membres, de nez ou même de dents, ajoutées par les embaumeurs pour restituer leur intégrité physique aux momies : leur mode de fixation ou leur absence d'usure plaident en faveur d'une pose postérieure à la mort.

La coloration des vitraux

Avec des faisceaux d'ions, les chimistes choisissent l'intensité et la nuance d'un verre coloré.

D'où viennent les couleurs profondes des verres et des vitraux des cathédrales ? Pendant longtemps, cette question est restée sans réponse. Au XIX^e siècle, Michael Faraday a montré que les métaux ou les oxydes métalliques dissous dans le bain fondu du verre ne participent pas au squelette atomique du verre, mais forment des agrégats minuscules. Ces agrégats constituent moins de un pour cent de la matière, mais suffisent à colorer le verre. La couleur des vitraux fut longtemps le fruit, parfois aléatoire, du savoir-faire des alchimistes du verre. Grâce à une méthode mise au point par les équipes du Centre de spectrométrie nucléaire et de spectrométrie de masse d'Orsay et du Laboratoire de minéralogie et de cristallographie de Paris, les chimistes maîtriseront mieux la couleur du verre.

Au début du XX^e siècle, le physicien allemand Gustav Mie a expliqué comment ces agrégats absorbent la lumière et donnent aux verres de belles couleurs. Les électrons de l'agrégat vibrent ensemble à une fréquence caractéristique. Quand la fréquence est située dans la gamme des longueurs d'onde visibles, l'agrégat absorbe une partie de ces rayon-

nements, et le verre apparaît de la couleur complémentaire à la fraction absorbée. Ainsi, la couleur du verre dépend de la nature des agrégats, de leur taille, tandis que leur densité détermine l'intensité de la couleur. Pour choisir les couleurs à leur guise, les verriers – artisans, artistes ou industriels – aimeraient, bien sûr, pouvoir contrôler parfaitement ces agrégats pour prévoir la couleur du verre quand il sortira du four.

La méthode des équipes d'Orsay et de Paris consiste à irradier un verre, où est dissous un oxyde de cuivre, avec des ions lourds – oxygène ou silicium, par exemple – de haute énergie (plusieurs millions d'électronvolt). Quand ils pénètrent dans le verre, les ions sont freinés et arrachent sur leur passage des électrons au réseau vitreux. Ces électrons rompent des liaisons entre atomes d'oxygène et de cuivre dans l'oxyde de cuivre. Quelques uns des atomes de cuivre métalliques libérés se regroupent pour former des agrégats de cuivre métallique. Le verre est ensuite recuit à basse température (environ 400 °C). Sous l'effet de la chaleur, les atomes de cuivre diffusent, les agrégats grossissent et le verre rougit. Comme la densité et la répartition des agrégats dépendent de l'énergie du faisceau d'ions, et que leur diamètre varie en fonction de la température et de la durée du recuit, on maîtrise tous ces paramètres.

En fait, les chimistes se sont inspirés de la technique photographique, où les photons frappent le film photographique (une émulsion riche en sels métalliques d'argent) et y provoquent de

minuscules précipités métalliques, lesquels grossissent dans le révélateur, laissant l'image se dessiner point à point. Ici, les ions remplacent les photons et le «développement» s'effectue lors du recuit.

Cette nouvelle technique par faisceaux d'ions pourrait rencontrer des succès dans l'industrie optronique. Couplée à la lithographie couramment utilisée dans l'industrie de la microélectronique, elle faciliterait la fabrication de commutateurs optiques par exemple : on fabriquerait des fibres de silice contenant des oxydes métalliques et on activerait à l'aide d'un faisceau d'ions les agrégats métalliques dans une zone très précise en masquant le reste de la fibre. On pourrait ainsi obtenir des zones de motifs et de couleurs spécifiques qui laisseraient passer des longueurs d'ondes et en absorberaient d'autres. En quelque sorte des interrupteurs optiques sélectifs.

