

En plus de cette saturation, on montre que le poids apparent est sujet à de grandes fluctuations : une perturbation minime, comme une variation de température de quelques dixièmes de degrés (entraînant une petite dilatation des grains), ou la porte du laboratoire qui claque un peu trop fort, peut entraîner une variation du poids apparent de plusieurs pour cent (en plus ou en moins). Bref, dans ces matériaux, de petites causes engendrent de grands effets.

À l'aide d'un modèle simplifié de formation de voûte dans un milieu désordonné, nous avons trouvé l'origine de ces fluctuations. Quelques chemins privilégiés portent une fraction importante du poids total des grains. Or ces chemins passent par les contacts entre les grains, qui se créent et disparaissent aux grés des perturbations extérieures. La trajectoire de ces voûtes, et par suite le poids apparent fluctuent fortement : il suffit qu'une de ces voûtes, qui s'appuyait sur la paroi, change de direction et aboutisse après perturbation sur le fond du silo, pour que l'on enregistre une forte hausse du poids apparent. Réciproquement, une voûte qui change de direction et aboutit sur la paroi peut éventrer le silo.

Dans le modèle de formation des voûtes que nous avons proposé, nous trouvons que, sous l'influence de faibles perturbations, les petites fluctuations du poids apparent (0,01 ou 0,1 pour cent) sont aussi probables que les grosses (jusqu'à 10 pour cent). On comprend également que si l'on mesure une même quantité (comme le poids apparent) sur différents silos apparemment identiques, la dispersion relative de ces mesures est très grande (10 à 20 pour cent) car d'un silo à l'autre, le réseau des chemins de contrainte est complètement différent.

Les matériaux granulaires sont des systèmes désordonnés qui possèdent un grand nombre de configurations d'équilibre ; de petites perturbations suffisent pour faire passer le système d'une configuration d'équilibre à une autre. En cela, ces matériaux se rapprochent d'autres systèmes désordonnés que les physiciens ont étudié ces dernières années, (comme les «verres de spin» — matériaux magnétiques désordonnés — par exemple). Une phénoménologie nouvelle les caractérise, où les fluctuations jouent un rôle primordial et où les expériences sont plus difficiles : les résultats deviennent intrinsèquement non reproductibles et doivent être décrits de façon statistique. Cette situation de «chaos» en physique des matériaux est analogue à celle qui prévaut dans tous les systèmes «sensibles aux conditions initiales».

J.-Ph. BOUCHAUD et Ph. CLAUDIN,
Physique de l'état condensée, Saclay

Douteux témoignages

Le travail synthétique des neurones induit de faux souvenirs.

Vous souvenez-vous des circonstances de votre premier amour ? Peut-être pas : les psychologues ont montré que les souvenirs anciens sont altérés. Les conséquences judiciaires des faux témoignages de bonne foi ont suscité de nombreuses études du «syndrome des faux souvenirs».

Ainsi, Henry Roediger et Kathleen McDermott, de l'Université de Washington, ont demandé à des volontaires de se souvenir de mots lus dans des listes prédéfinies. Les psychologues ont observé que les personnes testées se souvenaient (pendant un mois ou un jour) de mots... qui n'avaient jamais été prononcés.

Nous vous proposons une version simplifiée de ce test. Demandez à vos victimes de participer à un test d'apprentissage de cinq minutes, sans leur dévoiler votre but. Choisissez alors trois listes de mots parmi celles inscrites ci-dessous et lisez les mots des listes d'une seule traite, d'une voix neutre, en vous arrêtant quelques secondes entre chaque mot. Ne lisez pas les mots à droite.

Lorsque vous aurez lu les 45 mots, demandez à vos sujets d'écrire, dans n'importe quel ordre, tous les mots dont ils se souviennent. Allouez-leur quatre minutes de réflexion et précisez qu'il ne s'agit pas de deviner les mots mais de s'en souvenir. Ramassez les copies et notez combien de mots non prononcés apparaissent dans les réponses.

Dans une étude de ce type portant sur 40 personnes, les psychologues ont

trouvé que chaque volontaire se rappelait correctement moins de 40 pour cent des mots lus. En moyenne, chaque participant prétendait avoir entendu 57 pour cent des mots non prononcés associés à la liste entendue.

K. McDermott et H. Roediger ont recommencé l'expérience en omettant les mots dont leurs cobayes s'étaient souvenus la première fois. Cette seconde chance n'a pas amélioré les résultats, au contraire : les sujets ont inclus encore plus de mots non prononcés.

D'autres psychologues ont fait lire les mots successivement par un homme et par une femme. Les sujets devaient alors répondre à un questionnaire à choix multiples où se trouvaient, rangés aléatoirement, la moitié des mots lus, les mots non prononcés ainsi que d'autres termes sans aucun rapport. Pour chaque mot, les questions étaient les mêmes : avez-vous entendu ce mot et si oui, par un homme, par une femme ou ne sauriez-vous le dire ? Les résultats furent alarmants : non seulement les personnes interrogées prétendaient souvent avoir entendu un mot non prononcé, mais de plus, ils se rappelaient qui l'avait prétendument prononcé. Plus la liste était longue, plus les sujets se souvenaient des mots cibles non prononcés qui résumaient le thème de la liste.

Comment expliquer ces résultats ? Il est probable que lorsque nous entendons les mots «repos», «somnolence» et «sieste», les neurones de notre cerveau ajoutent automatiquement le mot «sommeil» dans la mémoire. Bien que des mots prononcés sur un ton neutre dans un test de cinq minutes ne possèdent pas la charge affective et temporelle des «faux souvenirs», les psychologues suggèrent que ces résultats s'appliquent à toutes sortes de situations, et expliquent maints faux témoignages.

Lisez trois listes parmi les suivantes. Ensuite, vérifiez si vos cobayes se souviennent... ...des mots cibles non prononcés.

lit, repos, éveillé, fatigué, rêve, veille, assoupi, couverture, somnolence, paisible, ronflement, sieste, repos, paix, bâillement
 infirmière, malade, avocat, médecine, santé, hôpital, dentiste, médecin, souffrant, patient, cabinet, stéthoscope, chirurgien, clinique, cure
 fil, punaise, chas, couture, aiguisé, point, aiguillon, dé à coudre, épine, écharde, douleur, piqure, seringue, vêtement, tricoter
 chaud, neige, tiède, hiver, glace, humide, frisquet, transi, chaleur, temps, gel, air, frisson, Arctique, givre
 pomme, légume, orange, kiwi, citron, mûr, poire, banane, cerise, panier, jus, fraise, salade, bol, cocktail
 colline, vallée, escalade, sommet, cime, coteau, plaine, pic, glacier, chèvre, vélo, ascension, faîte, pente, ski

sommeil

docteur

aiguille

froid

fruit

montagne

Photographie en trois dimensions

La fabrication rapide de maquettes polychromes.

Les concepteurs de produits nouveaux, ingénieurs ou architectes, créent aujourd'hui des objets virtuels à l'aide d'ordinateurs. Grâce aux méthodes de fabrication rapide de prototypes, dont la plus répandue est la stéréophotolithographie, ils transforment leurs idées en maquettes solides qu'ils peuvent manipuler et observer sous tous les angles. Ces maquettes étaient jusqu'à présent monochromes. Nous avons mis au point plusieurs méthodes de fabrication rapide de maquettes polychromes, afin de les rendre plus fonctionnelles : par exemple, les différentes parties d'un objet ou d'un bâtiment sont plus faciles à distinguer.

La stéréophotolithographie permet de fabriquer des prototypes en polymères organiques par couches successives. Un faisceau laser ultraviolet, focalisé à la surface d'un réacteur qui contient un monomère liquide, déclenche la polymérisation en ce point : un petit volume de polymère solide se forme, insoluble dans le monomère liquide. Le faisceau laser est déplacé à l'aide de miroirs pilotés par un ordinateur dont la mémoire contient la description de l'objet à fabriquer sous forme de tranches d'épaisseur constante. Lorsque la construction d'une couche est achevée, l'objet est enfoncé dans le bac : il se recouvre d'une couche de monomère liquide, d'épaisseur légèrement inférieure à l'épaisseur de polymérisation pour que les couches adhèrent entre elles, et la couche suivante est polymérisée.

Le premier procédé polychrome que nous avons élaboré utilise plusieurs bacs, qui contiennent chacun le monomère teinté dans l'une des couleurs souhaitées : l'objet en cours de fabrication est suc-

cessivement plongé dans chaque bac, et chaque tranche est fabriquée couleur par couleur. Chaque colorant absorbe différemment le rayonnement ultraviolet. On obtient la même épaisseur de polymère pour toutes les couleurs en ajustant la concentration en colorant, l'épaisseur des couches, et le temps d'irradiation. Un compromis doit être trouvé entre le respect des teintes souhaitées et le temps total nécessaire à la fabrication de l'objet : les changements de bac et les rinçages intermédiaires indispensables l'allongent déjà beaucoup.

Un second procédé est plus rapide, mais il ne permet de fabriquer que des prototypes bicolores, avec des dégradés. Il ne nécessite qu'une seule source laser et qu'un seul bac de résine. Une poudre minérale (dioxyde de titane, séléniure de cadmium ou séléniure de zinc, etc.) et un colorant organique qui s'adsorbe facilement sur ces grains sont ajoutés au monomère. Après la polymérisation d'une tranche, on sort l'objet de la cuve et on irradie plus longtemps les zones qui devront rester colorées. Celles-ci deviennent grisâtres et opaques : la polymérisation y est plus complète et une plus grande partie de l'oxygène dissous dans la résine est consommée.

Lorsque l'objet est achevé, on l'expose à une source de lumière blanche, à une température de 60 à 70 °C. Les zones normalement irradiées, qui étaient colorées, deviennent blanches : le colorant est dégradé par une réaction photochimique facilitée par la présence d'oxygène. On maintient ensuite l'objet à l'abri de la lumière pendant plusieurs heures, toujours à la même température. Les parties fortement polymérisées retrouvent la couleur initiale du colorant, qui se désorbe de la surface des grains minéraux où il s'était fixé. On «révèle» ainsi une «photographie en trois dimensions».

N. PÉTILLON, J. Y. JÉZÉQUEL
et J. C. ANDRÉ, URA 328 et GdR 1080
CNRS



On fabrique des prototypes par tranches successives en polymérisant de petits volumes de monomère liquide à l'aide d'un laser ultraviolet. En déplaçant l'objet entre plusieurs bacs contenant le monomère teinté en différentes couleurs, on obtient des prototypes polychromes.

Ce qui est écrit

Des écritures révélées sur le suaire de Turin.

Depuis 1578, une grande pièce de lin est conservée dans la cathédrale de Turin. On y distingue des tâches brunâtres et l'image, en négatif, du corps vu de face et de dos d'un homme nu portant les stigmates de Jésus de Nazareth décrits par les Évangiles. Le tissu a été daté, par la méthode du radiocarbone, entre 1260 et 1390. Ce résultat est toutefois controversé, et l'origine de l'image est inexpliquée. La révélation d'écritures tracées sur ce linceul permettra-t-elle d'en savoir davantage sur ses origines ?

Des traces d'écritures ont été observées, lisibles à l'endroit, sur des négatifs photographiques du linceul. La plupart sont situées sur des bandes qui forment deux U de tailles différentes autour du visage, et qui se superposent à l'image du corps, en l'atténuant. Ces bandes seraient les vestiges d'un enduit déposé sur la face externe du tissu pour le rendre apte à recevoir de l'encre.

Ces traces d'écritures sont peu contrastées. En outre, elles sont brouillées par une double trame : celle du tissu, structure régulière en chevrons, et celle de l'image, répétition périodique, sur les crêtes des fibres, de minuscules bâtonnets, dont la taille et le niveau de gris variables créent les nuances observées à plus grande échelle.

Nous avons numérisé plusieurs négatifs du visage en utilisant un microdensitomètre, appareil dont la résolution est

plus fine que les fibres du tissu (100 micromètres sur le drap). Plusieurs numérisations de chaque image ont été réalisées : nous avons fait varier les paramètres d'acquisition afin de recueillir le maximum d'informations à partir d'une même image.

Sur chaque image, nous avons, par interpolation linéaire entre les bâtonnets de chaque crête du tissu, étalé l'information portée par ces derniers, parallèlement à la direction des chevrons. Le même étalage perpendiculairement à la direction des chevrons laisse des creux résiduels, car les chevrons sont plus espacés que les bâtonnets. Nous avons éliminé ces creux en filtrant la fréquence correspondante dans l'espace des fréquences de l'image, obtenu par transformation de Fourier.

Nous avons ensuite calculé la matrice de corrélation entre les différentes images ainsi débarrassées de la double trame.

D'Afrique en Europe

Officiellement, l'Union Européenne compte trois millions d'Africains sur un total de 11 millions d'étrangers non européens : l'Afrique est le premier continent d'origine des immigrés. La communauté la plus nombreuse vient d'Afrique du Nord (deux millions de personnes), mais au Sud du Sahara, l'émigration la plus notable provient d'Afrique de l'Ouest, avec 415 000 personnes. Selon Nelly Robin, de l'Orstom, ces mouvements se sont diversifiés, entre 1985 et 1993, tant pour les pays d'émigration africains que pour les pays d'immigration européens. D'abord orientées principalement vers la France, le Royaume Uni et l'Allemagne, les migrations Ouest-africaines s'étendent aux pays d'Europe du Sud, hier

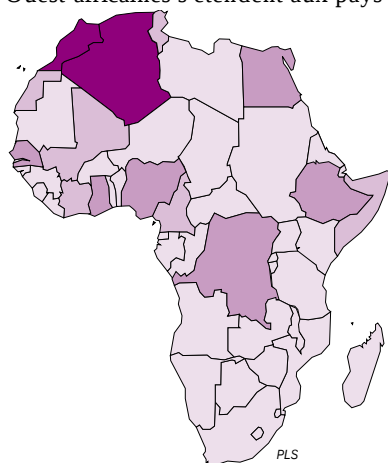
pays d'émigration. Un tiers des Africains de l'Ouest présent en Union Européenne vivent en France (128 000 personnes) et sont originaires de pays qui lui sont liés par l'histoire et la langue. Second pays d'accueil, le Royaume Uni reçoit 82 000 Ouest-africains, venant surtout de pays du Commonwealth : Nigéria,

Ghana, Sierra Leone, Gambie. L'Allemagne et l'Italie comptent à peu près le même nombre d'Ouest-africains, respectivement 74 000 et 63 000. Au Sud de l'Europe, le long de la Méditerranée, les principaux pays d'accueil sont l'Italie et l'Espagne, caractérisées par une diversité d'origines des

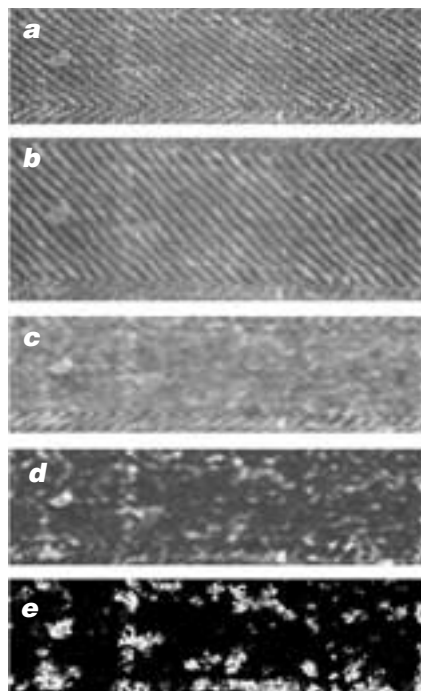
migrants Ouest-africains (Sénégal, Gambie, Nigéria, Ghana, Cap-Vert) ainsi que le Portugal, où les Capverdiens sont majoritaires (24 pour cent des africains de ce pays, soit 31 000 personnes).

L'évolution de l'émigration entre 1985 et 1993 partage l'Union Européenne en deux zones : d'une part la France et le Royaume-Uni, où l'immigration se stabilise, d'autre part, les pays scandinaves, l'Allemagne et les pays Sud-européens, où la migration s'accroît. Cette évolution est liée aux mesures restrictives en matière de contrôle des flux migratoires prises par les pays traditionnels d'immigration.

Du côté africain, trois principaux pays d'émigration, le Ghana (80 000 personnes), le Nigéria (72 000 personnes) et le Sénégal (77 000 personnes) fournissent 55 pour cent de la population Ouest-africaine de l'Union Européenne. Viennent ensuite le Cap-Vert (43 000 personnes) et le Mali (39 000 personnes). La Côte-d'Ivoire, qui vient en sixième position avec 21 000 personnes n'était pas un pays d'émigration vers l'Union européenne avant la crise qui a ébranlé son économie au cours des années 1990. Suivent plusieurs autres pays qui ont connu des difficultés économiques ou des troubles graves au cours des dernières années : la Sierra Leone, le Togo, la Gambie, la Mauritanie, le Liberia, la Guinée, la Guinée-Bissau, d'où sont originaires 16 pour cent des Ouest-africains de l'Union Européenne. Le Bénin, le Niger et le Burkina Faso voient partir le moins de migrants vers l'Europe. Ils sont en revanche traditionnellement des pays de forte émigration vers les autres pays de l'Afrique de l'Ouest.



Source : Atlas des migrations Ouest-africaines vers l'Europe, ORSTOM ÉDITIONS, 1997



À partir de la numérisation des clichés photographiques du suaire (a), on dilate et on étale parallèlement aux chevrons l'image des bâtonnets clairs (b). Puis on réalise le même étalement perpendiculairement aux chevrons, on élimine les creux résiduels et on ramène l'image à ses proportions initiales (c). Enfin, on concentre les informations pertinentes de toutes les images ainsi traitées sur une seule (d), à laquelle on applique différents filtres pour faire ressortir les caractères (e), ici les lettres PEZ ω .

La diagonalisation de cette matrice permet de combiner linéairement les images afin de concentrer l'information pertinente dans une seule image. Le traitement numérique de cette image, à l'aide de plusieurs filtres agissant directement sur ses points ou sur les fréquences spatiales a enfin été réalisé : adoucissement ou renforcement des contours, élimination de points aberrants, nettoyage du fond, régularisation de la forme des lettres.

Nous avons ainsi révélé, sur la verticale droite du U interne, écrits de bas en haut, les deux mots latins IN NECE, partie sans doute de IN NECEM IBIS, «tu iras à la mort». Sur la verticale gauche du U externe, apparaissent, plus gros, de haut en bas, les caractères grecs $\Psi\Sigma\text{KIA}$. Une interprétation y voit $\text{O}\Psi\Sigma\text{KIA}$ qui signifie «ombre de visage», ou «visage à peine visible». Sur la verticale droite du U externe, on lit, de haut en bas, un ensemble de lettres qui pourrait former le mot grec $\text{NAZAPHNO}\Sigma$, «le Nazaréen». L'interprétation de ces inscriptions, ainsi que l'analyse paléographique des caractères, qui semblent davantage antiques que médiévaux, permettront-elles de lever un coin du voile?

André MARION, Institut d'optique, Orsay

Du gène au traitement

WILLIAM HASELTINE

En identifiant les gènes humains responsables de maladies, les généticiens fabriquent des protéines qui ont des propriétés thérapeutiques potentielles. Des médicaments efficaces contre diverses maladies devraient naître de ces recherches.

On sait depuis Gregor Mendel (1822-1884) que les gènes transmettent les caractères héréditaires, de génération en génération, et les biologistes ont découvert l'importance des gènes dans les maladies : des gènes défectueux sont à l'origine de nombreuses maladies, et pas uniquement des maladies héréditaires. Le cancer, l'athérosclérose, l'ostéoporose, l'arthrite ou la maladie d'Alzheimer, par exemple, sont caractérisés par des modifications spécifiques de l'ac-

tivité de certains gènes. Même les maladies infectieuses déclenchent souvent l'activation de divers gènes du système immunitaire. De surcroît, une exposition répétée au cours de la vie à des rayonnements ionisants et à certaines molécules entraînerait certaines des modifications liées au vieillissement.

Il y a quelques années, nous avons compris que, si nous découvrions où et quand les divers gènes de l'organisme sont activés, nous saurions mieux prévoir, prévenir, traiter, voire guérir

les maladies. Lorsqu'un gène est actif (les généticiens disent qu'il «s'exprime»), la séquence de ses sous-unités, des groupes chimiques nommés bases, sert de modèle pour la fabrication de la protéine qu'il code. Les protéines assurent toutes les fonctions cellulaires : ce sont des éléments de structure, des catalyseurs des différents mécanismes chimiques de la vie, et des éléments de régulation de la reproduction, de la spécialisation cellulaire et de l'activité physiologique. Le déve-

Jennifer C. Christiansen

