

Témoignage d'un retable

Réalisé en 1381 et retrouvé en 1981 en 1 500 pièces éparses, le retable de Narbonne est restauré.

L'histoire du grand retable de Narbonne est une suite d'oublis et de redécouvertes. Réalisé en 1381 pour orner la chapelle axiale de la cathédrale de Narbonne, Notre-Dame de Bethléem, il fut enfoui en 1732 sous un décor moderne, découvert (ou entrevu) en 1847 par Eugène Viollet-le-duc, oublié pendant 250 ans et redécouvert en 1981, lors du déplacement de la statue de la Vierge à l'enfant pour l'Exposition de Paris. La restauration éclaire le travail des artistes médiévaux.

Œuvre collective de sculpteurs et de peintres anonymes, le grand retable est une œuvre magistrale par sa superficie de 26 mètres carrés. Plus de 200 personnages, sculptés et peints en relief, sont représentés sur le chemin menant de l'Enfer au Purgatoire et au Paradis.

La création d'un retable commence dans une carrière de calcaire. Les tailleurs entreposent les pierres à l'air libre dans la carrière, afin qu'une couche dure de calcin, de quelques micromètres d'épaisseur, se forme en surface. La formation de cette croûte résulte de la solubilité dans l'eau de la calcite, un minéral commun (carbonate de calcium, CaCO_3) très répandu : les eaux des carrières dissolvent la calcite, puis l'eau et les éléments chimiques dissous sont entraînés par capillarité à la surface de la pierre. Après évaporation de l'eau, les éléments chimiques se recomposent, la calcite se reforme, bouchant ainsi les pores, et imperméabilise la surface de la roche.

Les géologues ont observé, par microscopie électronique à balayage, plusieurs types de zones anormalement dures ressemblant au calcin, mais dues seulement à des concentrations en sels diverses, et des sous-couches ocre-jaune que le peintre appliquait sur la pierre. Le calcin est présent de manière irrégulière sur le retable : les scientifiques pensent que certains éléments du retable ont dû être sculptés deux, voire trois années avant d'autres.

Si l'imperméabilité de la pierre est si importante pour la préparation du retable, c'est parce que le réseau poreux de la roche offre de nombreuses voies de passage aux fluides et aux sels en solution dans le calcin. Le peintre, avec le savoir-

faire du sculpteur, devait empêcher que les remontées de sels ne disjoignent les grains de la roche, car, en cristallisant, les sels se dilatent. Toutes ces considérations étaient connues des artistes médiévaux, qui préparaient la surface en colmatant les pores, d'abord avec de l'hydroxyde de fer, une préparation de base ocre-jaune, puis avec une sous-couche de plomb. Cet ensemble formait une texture plus imperméable, sur laquelle les artistes pouvaient peindre. Une grande partie de la restauration a donc consisté à réduire la concentration en sels par électrolyse, en immergeant des pièces entières du retable dans des solutions conductrices.

Julien CAILLOL



La coupe d'un échantillon du retable (0,2 millimètre de profondeur) fait apparaître différentes zones. En surface, le pigment rouge de mercure ; plus bas, une sous-couche de plomb (en bleu), puis une couche d'hydroxyde de fer déposée directement sur la roche (en jaune). Les flèches rouges montrent le trajet des fluides dans la partie dure de la roche.

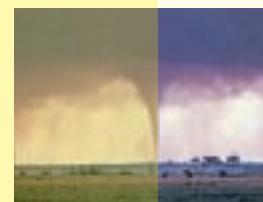
BRÈVES

Le stress de l'enfance

Les psychologues savent depuis longtemps que les traumatismes de l'enfance laissent des séquelles durables. Des biologistes de l'Université Emory ont identifié les bases physiologiques de cette influence persistante. Les biochimistes étudiaient quatre groupes de femmes, dépressives ou non dépressives, traumatisées pendant l'enfance ou non. Ils leur ont demandé de se mettre dans un état de stress, en les interrogeant et en leur faisant résoudre à voix haute des exercices de mathématiques, devant un public nombreux. Les concentrations en ACTH (une hormone de stress) étaient supérieures chez les femmes qui avaient été traumatisées pendant l'enfance, surtout quand elles étaient dépressives. L'hypersensibilité au stress due aux traumatismes infantiles semble augmenter le risque de troubles psychologiques, et les médicaments qui contrecarrent les effets hormonaux du stress pourraient prévenir ces troubles.

En avance sur les ouragans

SeaWinds, un instrument embarqué à bord du satellite américain QuikSCAT de la NASA, a prédit la formation d'un ouragan 46 heures à l'avance. Il détecte les vents dont la trajectoire est en boucle, dans une dépression tropicale : ce sont ces conditions qui conduisent aux ouragans. En 1999, 12 ouragans se sont formés dans les régions surveillées par SeaWinds. Ce dernier a repéré les vents tourbillonnants de huit d'entre eux, 3 à 46 heures avant qu'ils n'entraînent les nuages, c'est-à-dire avant qu'ils ne soient visibles sur les photos des satellites.



Un festin cannibale

En analysant les restes de matières fécales sur le site d'un village du Colorado abandonné depuis le XII^e siècle, des archéologues de l'Université de Denver y ont trouvé des traces de myoglobine humaine. Or cette protéine musculaire n'est présente dans le système digestif que si l'individu a mangé de la chair humaine. Les archéologues ont également retrouvé la myoglobine dans des pots, qui ont sans doute servi à cuisiner cette «viande».

Brocolis pour astronautes

Lors des vols spatiaux, les astronautes manquent de vitamine K : cette déficience dans leur sang fragilise leurs os. Une équipe de l'Université de Saint-Étienne a étudié le cas de deux cosmonautes qui avaient séjourné à bord de la station spatiale *Mir* : elle a découvert que, faute de vitamine K, une protéine nommée ostéocalcine ne se liait plus aux constituants minéraux des os, dont la croissance s'arrêtait. L'étude du métabolisme de la vitamine K révélera s'il est perturbé par les vols spatiaux ou si le régime des astronautes ne contient pas assez de cette vitamine. Dans le second cas, on pourrait leur donner du brocoli, où la vitamine K est abondante.

Le dilemme du Higgs

De toutes les particules du modèle standard de la physique des particules, le boson de Higgs est sans doute celle qui se fait le plus désirer. Les résultats collectés depuis six mois grâce au LEP, l'anneau de collision du CERN, à Genève, font enfin soupçonner l'existence de

cette particule. Les dirigeants du CERN envisageaient de fermer le LEP pour construire le LHC, un appareil dédié à la recherche du

boson de Higgs, mais qui ne fonctionnera pas avant 2006. Le 13 septembre, ils ont préféré repousser la fermeture du LEP afin de transformer le soupçon en certitude : « Nous ne voulons pas rester dans l'histoire comme les scientifiques qui ont raté le Higgs » a déclaré le physicien Tiziano Camporesi, responsable de l'une des expériences.



CERN

Des abeilles métalliques

Utiliser des abeilles pour contrôler la pollution de l'environnement : c'est une idée développée par des chimistes de l'Université de Moscou. Ils ont constaté que les abeilles, en butinant les fleurs, accumulent les métaux lourds contenus dans celles-ci. En fin de vie (environ 32 jours), les abeilles ont en moyenne accumulé 24 milligrammes de métaux lourds par kilogramme de masse corporelle... et la quantité de mercure ingérée par les abeilles du centre de Moscou est sept fois supérieure à celle des abeilles de la périphérie. Le miel, lui, n'est pas contaminé : les animaux agissent comme un filtre.

Laser aléatoire

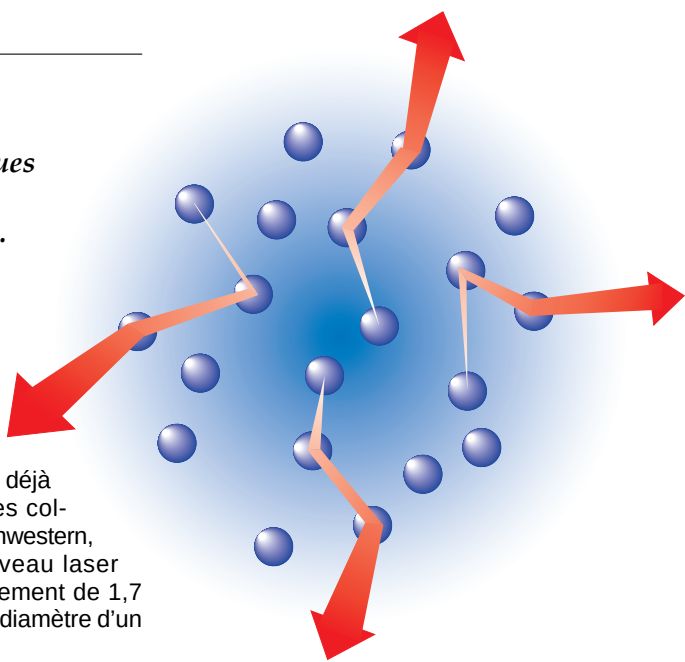
Des agrégats atomiques dispersés au hasard amplifient la lumière.

Les plus petites sources lumineuses connues sont les lasers. Ceux des lecteurs de disques compacts ont quelques millimètres de diamètre. C'est déjà petit, mais Hui Cao et ses collègues, de l'Université Northwestern, ont mis au point un nouveau laser dont le diamètre est seulement de 1,7 micromètre, le dixième du diamètre d'un cheveu humain !

Ce microlaser se distingue des lasers classiques par son mode de fonctionnement. Tout laser comporte un matériau « actif » dont les atomes, les ions ou les molécules sont excités par les photons d'une lampe flash. Celle-ci leur délivre de l'énergie, qu'ils perdent ensuite en émettant des photons à une énergie correspondant à une transition entre deux niveaux d'énergie des éléments constitutifs ; ces photons induisent des transitions dans d'autres atomes, ions ou molécules, et l'émission lumineuse ainsi stimulée est enrichie de ces nouveaux photons. Le matériau actif est placé entre deux miroirs : l'un est parfaitement réfléchissant, l'autre – le miroir de sortie – transmet partiellement la lumière. Une partie des photons émis est réfléchi par le miroir de sortie et rebrousse, en sens inverse, le matériau actif, ce qui engendre une nouvelle émission de photons. Le nombre de photons dans la cavité croît rapidement, et la lumière est amplifiée. La petite proportion de photons qui traverse le miroir de sortie forme un faisceau unidirectionnel et très puissant : le laser.

Dans le nouveau laser, le va-et-vient entre les miroirs est remplacé par de multiples diffusions dans un milieu désordonné. Bien que les effets de la diffusion multiple soient couramment observés – le lait ou le brouillard doivent leur aspect « laiteux » à ce phénomène –, on connaît encore mal le comportement de la lumière dans de tels milieux. Toutefois, on sait que, quand on envoie de la lumière dans un milieu désordonné, elle peut rester « piégée » dans ce milieu, le temps nécessaire à son amplification.

Dans le microlaser, les photons sont injectés par un flash et sont diffusés des centaines de fois par des nanocristaux d'oxyde de zinc, répartis au hasard dans une matrice de matériau transparent. À



De petits cristaux d'oxyde de zinc (sphères violettes) sont répartis dans un matériau transparent. Des photons émis par un flash pénètrent dans cette petite zone et diffusent sur les cristaux. À chaque diffusion, d'autres photons sont émis par émission stimulée jusqu'à ce que la lumière laser s'échappe sous forme d'un faisceau omnidirectionnel de fréquence unique, la fréquence correspondant à la transition électronique dans le matériau.

chaque diffusion, les photons excitent des atomes et engendrent une nouvelle émission de photons. Avec un tel système, la longueur d'onde de la lumière émise est précise, mais, contrairement au laser classique, la lumière est envoyée dans toutes les directions.

À quelles conditions un tel laser fonctionne-t-il ? Le « gain », qui dépend de la durée de résidence des photons dans le milieu, doit être supérieur aux pertes, dues à la sortie des photons. Si l'on suppose que l'ensemble des particules forme une sphère, le gain est proportionnel au nombre de collisions, donc au volume, c'est-à-dire au cube du rayon de la sphère, et les pertes sont proportionnelles à la surface, soit au carré du rayon. Ainsi, les pertes sont supérieures au gain à partir d'un rayon limite. Ce rayon limite peut être petit : le laser de H. Cao fonctionne avec une cavité de moins de deux micromètres de rayon.

À quoi sert un laser qui n'est pas unidirectionnel ? La lumière émise par ce système, placée dans un fluide, permettrait de contrôler son écoulement. Il permettrait aussi d'identifier des documents ou des matériaux : la présence d'un tel microlaser dans la pièce à authentifier serait révélée par la lumière qu'il émet en réaction à l'éclairement à une longueur d'onde appropriée, éventuellement invisible à l'œil.

Claire CHAUFOR