

Caméra cachée

Le tube digestif est en contact avec l'extérieur, mais son examen n'est ni aisé, ni agréable. L'endoscopie, qui consiste à introduire une mini caméra placée à l'extrémité d'un dispositif qui, d'une part, éclaire la zone observée et, d'autre part, enregistre les images, est souvent mal tolérée. Fondée sur le même principe, mais d'un usage notablement plus aisé, des «pilules» de un centimètre sur trois contiennent une caméra, des piles et un dispositif de repérage. La caméra ultra sensible fonctionne même dans des conditions de faible luminosité. Les patients avalent une caméra le matin, laquelle est récupérée quelques heures plus tard «naturellement». Pour le moment la méthode est validée par des coloscopies. Le dispositif en cours d'évaluation a révélé des lésions intestinales que les méthodes classiques n'avaient pas repérées.

Gaz de billes

Mêmes les «gaz de billes» ressemblent aux gaz parfaits. On obtient de tels «gaz» en faisant vibrer une boîte transparente remplie de billes d'acier ; l'épaisseur de la boîte photographiée par la caméra



D. Peebles, Corbis

excède de peu le diamètre des billes (un millimètre). Les physiciens de l'Université du Massachusetts ont mesuré à l'aide d'une caméra rapide la distribution des vitesses de ces billes. Elle ressemble à celle que vérifient les gaz parfaits, la loi de Maxwell. Maxwell avait précisément fait l'hypothèse que les molécules d'un gaz parfait se comportent comme des billes. Des gaz de billes aux gaz parfaits, une seule différence, un exposant dans la loi de Maxwell!

Singes dactylographes

Pour illustrer l'impossible «retour en arrière» des phénomènes physiques, Émile Borel évoque une armée de singes dactylographes qui, tapant au hasard sur leur machine à écrire, reconstitueraient une œuvre littéraire, voire «la copie exacte des livres de toute nature et de toutes langues conservés dans les plus riches bibliothèques du monde». Cette comparaison a été décrite par d'autres. Joseph de Maistre, en 1814, dans son *Essai sur les principes générateurs de la révolution française*, mentionne des lettres lancées en l'air qui reconstitueraient Athalie, la pièce de Racine et cite Cicéron dont, semble-t-il, l'idée proviendrait.

Premières orbites autour d'un trou noir

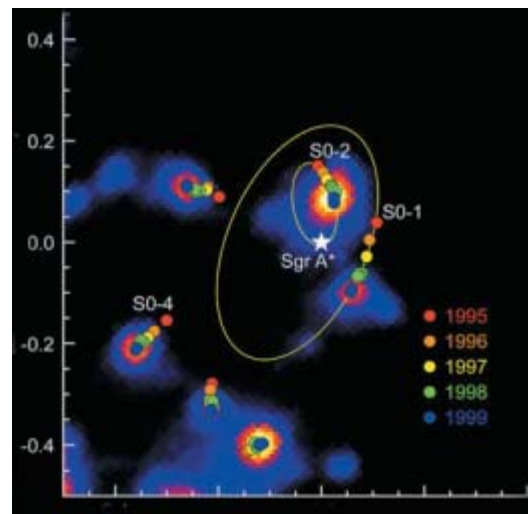
Les astrophysiciens précisent la position et la valeur de l'énorme masse qui se trouve au centre de la Voie lactée.

La présence d'un trou noir au centre de notre Galaxie est de plus en plus probable. Située dans la constellation du Sagittaire, cette région intrigue depuis longtemps les astrophysiciens de par son exceptionnelle concentration stellaire, laquelle indique la présence d'un puissant centre d'attraction. Pour connaître sa nature, plusieurs équipes internationales scrutent la région depuis dix ans, et mesurent les vitesses apparentes des astres qui y gravitent. Pour la toute première fois, les astrophysiciens ont réussi à mesurer l'accélération exercée par le trou noir sur certaines étoiles.

La première vitesse apparente d'une étoile, la vitesse radiale, est sa vitesse d'éloignement ou de rapprochement. Les astrophysiciens la déduisent des déformations du spectre de l'astre, dont ils choisissent l'une des raies d'émission pour en mesurer le décalage en fréquence. Nommé «décalage Doppler», ce dernier est proportionnel à la vitesse de l'émetteur de la raie. La mesure est difficile, car les poussières interstellaires obscurcissent le centre de la Galaxie dans le visible comme dans l'infrarouge proche. Seuls les spectres de quelques dizaines d'étoiles, particulièrement brillantes, sont utilisables.

Le second type de vitesse apparente est la composante perpendiculaire à la vitesse radiale. Nommée «vitesse sur le plan du ciel», elle est aussi difficile à mesurer tant le champ observé est encombré. Seules 190 étoiles très brillantes se distinguent assez pour pouvoir être suivies dans le temps. Deux techniques donnent aux astrophysiciens la résolution spatiale nécessaire : le «recentrage à pose courte» et l'optique adaptative. La première consiste à enregistrer très vite des images, sans laisser le temps à la turbulence atmosphérique de les brouiller puis à les additionner ; dans la seconde technique, des miroirs sont déformés pour compenser l'effet de cette turbulence.

L'ensemble de ces mesures révèle l'extrême agitation stellaire du centre galactique. Mesurées par rapport au centre d'attraction, les vitesses des étoiles rapides qui y gravitent dépassent



On déduit des trajectoires ellipsoïdales des étoiles du centre de la Galaxie que ces dernières gravitent autour d'une masse de quelque trois millions de fois celle du Soleil. Un trou noir?

sent le millier de kilomètres par seconde. Pour comparaison, le Soleil et son cortège de planètes orbitent dans la Galaxie à quelque 220 kilomètres par seconde. Pour les astrophysiciens, seule la présence d'une petite zone extrêmement dense peut être à l'origine d'une agitation pareille. Les trajectoires stellaires observées sont explicables si l'on suppose que cette zone est quasi ponctuelle et que sa masse est d'environ trois millions de masses solaires. Si c'est vraiment le cas, il s'agit probablement d'un trou noir. Quelle serait sa position? Les analyses les plus récentes livrent une distance du centre galactique au Soleil de l'ordre de 25 000 années-lumière.

L'hypothèse de la présence d'un trou noir au centre galactique a été encore confortée par l'équipe d'Andrea Ghez, de l'Université de Californie, qui, grâce au puissant télescope Keck d'Hawaii, a mesuré l'accélération de certaines étoiles brillantes proches. A. Ghez et ses collègues ont ainsi montré que les vecteurs de plusieurs accélérations stellaires pointent dans la direction du trou noir présumé! La méthode de l'équipe livre des résultats sur la position du trou noir quatre fois plus précis que les estimations antérieures. De plus, chance supplémentaire, l'ellipse que décrit l'une des étoiles étudiées, S0-1, indique une période orbitale de 15 ans. Pour la première fois, les astrophysiciens vont assister au cours de leur vie à plusieurs révolutions d'une étoile gravitant autour d'un trou noir de trois millions de fois la masse solaire!

Christophe PICHON
Observatoire de Strasbourg

Colle de verre

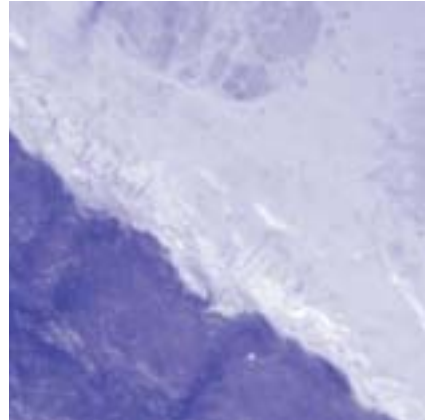
Les verres bioactifs soudent les prothèses orthopédiques à l'os.

Aujourd'hui, la population vieillit, et l'«épidémie» de fractures du col du fémur est devenue un problème de santé publique. Une intervention chirurgicale sur une personne âgée, notamment la pose d'une prothèse de titane, est souvent accompagnée d'un cortège de complications. Toute amélioration des prothèses renforce le confort des personnes ayant une fracture : les bioverres accéléreraient la soudure de la prothèse à l'os.

Aujourd'hui, la majorité des prothèses orthopédiques sont composées d'alliages de titane. Ils sont biocompatibles, c'est-à-dire qu'ils sont bien tolérés par l'organisme et déclenchent peu de mécanismes de rejet. En revanche, comme ils adhèrent souvent mal à l'os, on les recouvre d'apatite, le constituant principal des os. Toutefois, ces revêtements se fixent mal aux prothèses et la soudure avec l'os s'établit lentement. La prothèse risque de se déplacer au cours des premières semaines après son implantation dans l'os, ce qui engendre parfois des frottements, à l'origine d'inflammations.

Les verres bioactifs (à base de silice et d'oxydes de sodium, de calcium, de potassium et de phosphore) pourraient remplacer les revêtements d'apatite, car ils s'intègrent vite à l'os, comme le montrent les expériences menées par Édouard Jallot et son équipe du Laboratoire de microscopie électronique à l'Université de Reims. Souvent perçus comme des matériaux inertes, les verres bioactifs établissent des liaisons chimiques, notamment avec les os.

Le verre bioactif, réduit en poudre, est projeté à haute température sur de petits cylindres de titane. La couche déposée ne dépasse pas 80 micromètres d'épaisseur. Ces cylindres ont été implantés dans des fémurs de mouton. Dès la mise en contact avec l'os, les éléments du bioverre commencent à migrer. L'os est en perpétuel remaniement, c'est-à-dire qu'une fraction est en résorption pendant que de l'os neuf se construit. Il est poreux pour laisser circuler les fluides biologiques, notamment le sang, qui alimentent l'os. On constate que, peu à peu, la matrice du bioverre se délite et se transforme en un gel. À sa périphérie, se forme une couche de silicium qui entraîne l'apparition de gradients de concentration dans le verre. Ils favorisent la diffusion du calcium et du phosphore du verre vers l'os. L'interface entre le bioverre et l'os finit par être saturée en calcium et en phosphore, de sorte que le produit de solubilité de ces ions étant



Le bioverre (en haut) favorise la formation d'une couche d'apatite (plus claire, au centre), ciment provisoire avec l'os (en foncé).

atteint, des réactions de précipitation se produisent : des grains sphériques riches en calcium et en phosphore apparaissent, et le rapport de leurs concentrations est proche de celui de l'apatite naturelle. Les grains grossissent, fusionnent et finissent par former une couche d'apatite, ciment entre l'os et le verre. Ensuite, l'os produit suffisamment d'apatite pour se souder à l'implant métallique. Six mois plus tard, la couche-ciment disparaît, laissant l'implant bien en place.

Ainsi, un revêtement en verre bioactif sert de soudure entre les prothèses et l'os, grâce à la formation spontanée à l'interface d'une couche d'apatite. Les premiers essais sur le mouton sont concluants. Reste à tester la méthode sur l'homme, où plutôt sur la femme, la principale victime des fractures du col du fémur.

Michel-Ange, maître d'anatomie

Une femme sculptée par l'artiste de la renaissance avait un cancer du sein.

Un visiteur de la chapelle des Médicis, dans l'église San Lorenzo, à Florence, admirera sans doute la beauté de *La nuit*, une sculpture allégorique en marbre de Michel-Ange (1475–1564) qui a son pendant dans la même chapelle, *L'aube*, mais il négligera un détail que seul un médecin remarquera. À l'instar de James Stark, du Centre de cancérologie de Portsmouth et Jonathan Katz Nelson, de l'Université de New York, ce médecin ne manquerait pas de noter une étrange anomalie sur le sein gauche de la femme sculptée, indiquant qu'elle souffrait d'un cancer du sein.

Plus précisément, le sein sculpté a trois anomalies. La plus évidente est une proéminence à droite du mamelon. Par

ailleurs, l'aréole (la zone pigmentée qui entoure le mamelon) est légèrement enflée, ce qui traduit une inflammation. Cependant, ces deux symptômes pourraient être le signe d'une tumeur bénigne ou d'un abcès d'une femme qui allaite son enfant.

En revanche, à côté du mamelon, la peau s'est rétractée. Cette rétraction cutanée atteste plus sûrement d'un cancer : elle est due à une désorganisation de l'architecture du sein composé de cellules glandulaires et graisseuses que les cellules tumorales attirent. Ces trois symptômes caractérisent une tumeur située au niveau du mamelon. Les cellules devenues cancéreuses étaient soit celles du mamelon lui-même, soit celles de ganglions lymphatiques sous-jacents.

Aujourd'hui, les cancérologues confirment les présomptions par un examen mammographique et par l'observation au microscope de quelques cellules prélevées au cours d'une biopsie.

Ces anomalies sont-elles des erreurs du sculpteur ? Traduisent-elles une œuvre inachevée ? Selon les deux médecins qui les ont remarquées, Michel-Ange a sans doute fidèlement

reproduit un modèle qui avait un cancer du sein. Au XVI^e siècle, les médecins connaissaient ce type de pathologie, précisément décrit dans les ouvrages des médecins de l'Antiquité, tels Hippocrate et Galien, et du Moyen Âge, tel Avicenne.



La nuit, œuvre allégorique de Michel-Ange, est représentée par une femme dont le modèle avait un cancer du sein gauche : en témoignent une grosseur du sein, une aréole déformée et la peau rétractée à proximité.