

fluide : le liquide entre en résonance. De ce mouvement, les physiciens déduisent les propriétés physiques du pont liquide, notamment sa tension superficielle, lorsque le liquide est en mouvement. Par cette méthode, on peut mesurer la tension de surface dynamique de solutions aqueuses contenant différentes molécules tensioactives.

Le contrôle doit être fin : si l'on fait trop varier la force magnétique, le pont s'effondre. En répétant cette expérience avec

diverses longueurs de pont et avec des forces magnétiques différentes, les physiciens ont montré que le temps que met un pont pour s'effondrer ne dépend pas directement de sa longueur.

Les conditions d'impesanteur obtenues ici sont moins «pures» que dans l'environnement spatial – il reste toujours une faible gravité résiduelle – mais ces méthodes sont bien moins onéreuses que les expériences spatiales et elles permettent aux chercheurs de simuler des

changements brusques d'accélération sans déplacer le fluide. Cette technique peut être utilisée pour simuler les effets des vibrations dues aux tremblements de Terre, le comportement des liquides à bord d'un vaisseau qui se pose sur une autre planète ou encore les fluides biologiques : la tension de surface des fluides qui tapissent les alvéoles pulmonaires varie au cours de la respiration et la méthode permet d'étudier les conditions d'une éventuelle rupture de ce film liquide.

La cartographie de l'espace

Les amas de galaxies se donnent rendez-vous aux carrefours de l'Univers.

Le satellite XMM-Newton de l'Agence spatiale européenne, qui scrute le ciel dans la gamme des rayons X, est en orbite depuis bientôt un an. Mis en place pour observer les phénomènes de haute énergie (où les températures sont élevées), tels que la physique des trous noirs, les restes de supernovae ou encore la nature du fond diffus (l'émission continue de rayonnement X observé dans l'ensemble de l'espace interstellaire), il a récemment fourni ses premières données. Notamment, le satellite a fait des observations inédites sur les amas de galaxies, que l'équipe de Monique Arnaud et Philippe Ferrando, du Commissariat à l'énergie atomique de Saclay, a analysées (l'exploitation de l'ensemble

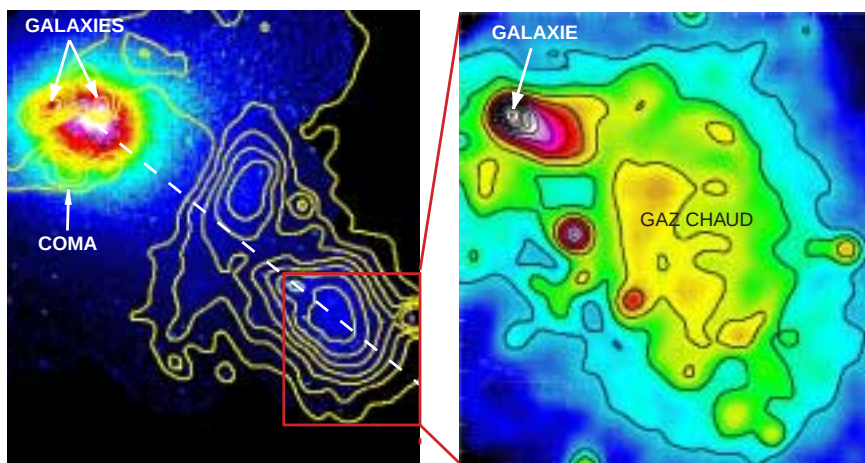
des données transmises par XMM-Newton occupe plus de 150 équipes de recherche dans le monde).

Les amas de galaxies sont les plus grandes structures de l'Univers. Ils sont constitués de quelques dizaines à plusieurs milliers de galaxies liées par leur propre attraction gravitationnelle. Ils se trouvent aux croisements de filaments, le long desquels la matière est répartie dans l'Univers, et qui forment une gigantesque toile d'araignée. Au cours du temps, la matière s'écoule le long des filaments et converge vers les intersections où se forment les amas de galaxies. Les galaxies émettent des rayons X, ainsi que le gaz chaud qui les entoure (dont la température atteint 10 à 100 millions de degrés).

Le satellite XMM-Newton a observé l'amas de galaxie Coma, situé dans notre «voisinage», à 400 millions d'années-lumière. Coma est un grand amas, dont la masse est 20 000 fois supérieure à celle de la Voie Lactée. Les rayons X, qui renseignent sur la température dans l'amas, ont révélé de grandes différences thermiques en son sein. Celles-

ci indiquent que l'amas est le siège de vastes mouvements de matière. Pour les comprendre, les astrophysiciens ont reconstruit la carte d'émission X de Coma telle qu'elle serait s'il était au repos et l'ont soustraite de la carte obtenue avec XMM-Newton : ils disposent ainsi d'une carte des régions où la matière est en mouvement. Elle révèle plusieurs zones d'émission X intense. Le cœur de Coma est principalement composé de deux galaxies. Une seconde zone d'émission intense correspond à une structure filamentaire (un groupe de galaxies) attirée par Coma. C'est la première fois que ce filament est détecté avec une telle précision dans le domaine X. Les deux extrémités du filament sont orientées vers des amas de galaxies, ce qui confirme que les amas se forment au croisement des filaments. Dans l'équipe de M. Arnaud et Ph. Ferrando, Doris Neumann a étudié en détail le voisinage d'une galaxie qui se trouve à la frontière entre Coma et le filament. Elle est plus proche de l'amas que le gaz chaud du groupe de galaxies auquel elle appartient, car elle tombe plus vite que ce dernier, ralentit par le gaz chaud de l'amas.

Ces observations font partie de la phase de vérification de XMM-Newton, qui vient de s'achever. Elles montrent le bon fonctionnement du satellite, dont les résolutions spatiale et spectrale sont conformes aux prévisions. En outre, le satellite a bien résisté aux deux éruptions solaires qui se sont produites depuis son lancement (grâce à un système de filtres qui le protège des particules émises), laissant présager que sa durée de fonctionnement sera effectivement de dix ans, comme prévu. Cela suffira aux astronomes pour observer l'état dynamique d'autres amas de galaxies, ce qui nous éclairera sur la formation des grandes structures de l'Univers. Les prochains résultats sont d'autant plus attendus que XMM-Newton, sorti de sa phase de test, sera pointé vers des objets moins bien connus des astrophysiciens.



Cartes de la matière en mouvement (l'intensité de l'émission X augmente du bleu au rouge) dans l'amas de galaxies Coma. Son cœur est formé de deux galaxies (image de gauche). Cet amas se trouve à l'extrémité d'un filament (sa direction est celle des pointillés blancs) le long duquel un groupe de galaxies tombe vers lui. La galaxie de l'image de droite (en rouge) tombe vers l'amas Coma, mais moins vite que le gaz chaud qui l'entoure (en jaune et en vert).

La fonction du prion

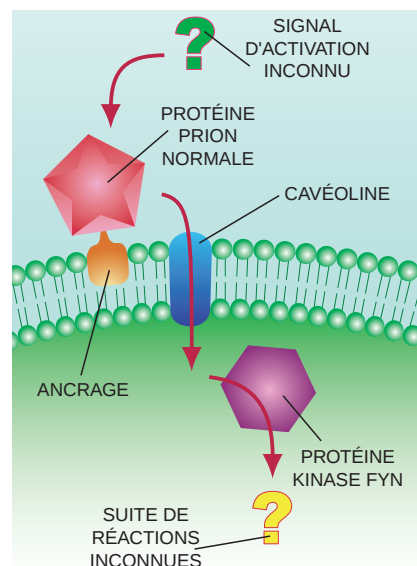
Le rôle de cette protéine se précise

Maladie de la vache folle, tremblante du mouton, maladie de Creutzfeldt-Jakob, ces maladies qui sont toutes des encéphalopathies spongiformes subaiguës transmissibles, c'est-à-dire des maladies qui, au bout de plusieurs années, finissent par transformer le cerveau en «éponge» sont très préoccupantes depuis l'épidémie britannique de la vache folle du début des années 1990. Elles auraient en commun le prion. Il s'agirait d'une protéine pathogène dont seul le repliement la distinguerait de la protéine prion normale. Or, on ignorait le rôle de cette protéine normale, rôle que l'équipe CNRS-Institut Pasteur d'Odile Kellermann vient de préciser.

Lors d'une contamination, la protéine prion anormale pénètre dans le système nerveux central et perturbe le repliement des protéines prions normales nouvellement synthétisées par les neurones. Les protéines mal repliées qui s'accumulent entraînent la dégénérescence et la mort des neurones, donnant ainsi au système nerveux cet aspect d'éponge. Des expériences antérieures avaient mon-

tré que cette protéine n'est pas vitale : des souris qui en sont dépourvues ont des anomalies mineures. Pour élucider la fonction de la protéine prion normale, les biologistes ont donc utilisé des cellules souches embryonnaires qui se différencient *in vitro* en neurones fonctionnels. La protéine prion est présente à la surface de ces cellules, et particulièrement dans les neurites (des extensions des neurones). Les biologistes ont observé que lorsque la protéine prion reçoit un signal d'activation (dont on ignore encore la nature), l'activité d'une enzyme intracellulaire, une tyrosine kinase nommée FYN, augmente. Cette enzyme ajoute ou retire des groupes phosphate à la tyrosine, un acide aminé des protéines. La protéine kinase FYN est connue pour son rôle dans les cascades de signalisation, c'est-à-dire dans les successions de réactions enzymatiques qui transmettent les signaux extérieurs, tel celui que déclenchent les hormones ou les neuromédiateurs, jusqu'au cœur des cellules, où les ordres véhiculés par ces signaux sont accomplis.

Comment le signal passe-t-il de l'extérieur à l'intérieur de la cellule ? L'équipe de O. Kellermann a identifié le partenaire de la protéine prion normale : il s'agit d'une autre protéine, la cavéoline, encastrée dans la membrane cellulaire. Ainsi, la protéine prion intervient dans une cascade de signalisation dont on a élucidé trois étapes. Toutefois, le signal qui l'a



Ancrée dans la membrane des cellules grâce à une molécule (en orange), la protéine prion normale (en rouge) est activée par un signal encore inconnu. Ce signal (flèches rouges) active une protéine, la cavéoline (en bleu), puis une enzyme, une protéine kinase nommée FYN (en violet). Seuls trois maillons de la chaîne ont été découverts.

déclenchée en amont, et la suite de réactions en aval, sont encore inconnus.

Ces résultats constituent, d'ores et déjà, un pas vers l'élucidation du processus à l'origine des encéphalopathies spongiformes subaiguës transmissibles.

Bateau romain... coulé

Depuis 1 500 ans, un bateau romain repose sur le fond de la mer Noire : il est en parfait état de conservation.

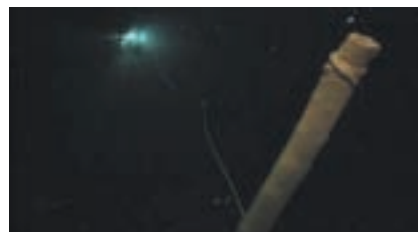
Le robot sous-marin *Argus* descend dans l'obscurité à 300 mètres sous la surface. Le fond n'est plus qu'à quelques mètres quand le spot lumineux accroche un objet. Dans la salle de contrôle, tous sont fascinés. Un mât de bois se dresse dans les eaux. Long de 11 mètres, ce mât est celui d'un navire de 15 mètres de longueur posé sur le fond de la mer Noire depuis 1 500 ans. Il vient d'être découvert par des archéologues et des océanographes américains, embarqués sur le navire d'exploration *Northern Horizon*.

Outre son intérêt archéologique, la trouvaille confirmerait le scénario d'une brusque invasion de la mer Noire par les eaux méditerranéennes. Selon les géologues américains William Ryan et Walter Pitmann, cette mer fut un lac d'eau

douce, il y a plus de 7 500 ans. Pour ces chercheurs de l'Université Columbia, la fonte des glaciers a fait monter les eaux de la mer Méditerranée, qui ont envahi ce lac. Certains archéologues suspectent que la région de la mer Noire était habitée par l'homme néolithique. Le déluge évoqué dans la bible correspondrait à la naissance de la mer Noire.

C'est aussi lors de cet événement que la couche d'eau sans oxygène qui garnit le fond de cette mer se serait constituée : les eaux salines provenant de la mer Méditerranée auraient coulé, sous les eaux douces. La zone située à plus de 100 mètres de profondeur est pauvre en oxygène, dépourvue de vie et de micro-organismes. Stable depuis la naissance de la mer Noire, cette «zone morte» serait un réservoir de trésors archéologiques bien conservés, puisque les matières organiques, le bois notamment, n'y auraient pas été dégradées.

C'est parce qu'il était à l'abri de la décomposition, dans cette zone morte, que le bateau romain semble intact. Les datations au carbone 14 situent la construction du navire entre 410 et 520, peu de temps après le déplacement de



Le mât du bateau romain découvert au fond de la mer Noire apparaît dans la lumière du robot sous-marin *Argus*.

la capitale de l'empire romain de Rome à Constantinople, en 330. Les archéologues, qui ignorent encore ce que transportait le bâtiment, espèrent y retrouver des restes de vivres ou de tissus.

Trois bateaux marchands romains dans un état de conservation plus habituel ont également été découverts lors de cette expédition. Les vaisseaux reposent à 100 mètres de profondeur, où les eaux pauvres en oxygène se mêlent aux eaux de la surface. Les amphores qu'ils contiennent proviennent de la ville de Sinope, un port de la mer Noire, qui avait une grande importance dans l'économie locale, il y a 1 500 ans.