



2. SUPERMATÉRIAUX POLYMORPHES (*en haut*) fabriqués à partir de minéraux (*en bas*) rapportés de la Galaxie et observés – sur cette vue d'artiste – au microscope optique.

Depuis, la science des matériaux a progressé, et les physiciens ont découvert le nanotube de carbone en 1991. Il s'agit d'un cylindre de quelques milliardièmes de mètre de diamètre constitué d'atomes de carbone agencés selon un motif hexagonal. Il semble que ces nanotubes aient les bonnes propriétés mécaniques pour construire un ascenseur spatial : sa résistance estimée est 100 fois supérieure à celle de l'acier, pour une densité quatre fois moindre. Seule difficulté : les brins que l'on sait fabriquer ne dépassent pas quelques centimètres de longueur...

L'alchimie de la science-fiction

S'ils s'inspirent parfois de la réalité, les auteurs de science-fiction aiment inventer de toutes pièces le matériau dont ils ont besoin. Ils ne font d'ailleurs que suivre la voie ouverte par les ingénieurs anglo-saxons qui, dans leur jargon, invoquent ironiquement l'« unobtainium » [de « unobtain » qui signifie ne pas obtenir] à chaque fois qu'ils parlent d'un matériau fictif ayant des propriétés peu communes. L'unobtainium a migré vers la science-fiction cinématographique, dans *Fusion the Core* (J. Amiel, 2003) et *Avatar* (J. Cameron, 2009), où il représente tour à tour le métal ultrarésistant de la coque du *Virgil*, le vaisseau d'exploration qui atteint le centre de la Terre, ou le supraconducteur à température ambiante convoité par les humains sur la planète Pandora. Parmi les matériaux fictionnels, les supermétaux sont les plus courants pour réaliser armes (les griffes en adamantium de

Wolverine), armures (le mithril forgé par les Nains du *Seigneur des Anneaux*) ou coques de vaisseaux interstellaires.

Ces supermétaux résistent évidemment à des contraintes extrêmes ou à des températures infernales. Mais la physique joue encore les rabat-joie : la matière solide ne peut pas être infiniment résistante. Ainsi, sa résistance thermique est limitée par l'énergie de liaison des atomes qui le constituent. Quand la chaleur apportée est suffisante, l'agitation thermique est telle que le matériau perd sa cohésion et fond. La gamme de températures de fusion rencontrées dans la nature est relativement large : le sodium fond à 98 °C et le tungstène à 3 422 °C. Mais le jugement est sans appel : aucune matière terrestre ne résiste à une température supérieure à quelques milliers de degrés.

Le « neutronium » est un autre matériau qui a inspiré la science-fiction depuis le milieu du XX^e siècle. Le terme fait souvent référence à une forme extraordinairement dense et résistante de matière, inspirée de celle que l'on trouve dans le cœur d'une étoile à neutrons. Dans *L'alchimiste du neutronium*, de Peter Hamilton (1997), l'astrophysicienne Alkad Mzu veut venger la destruction de son monde natal et conçoit une arme capable de provoquer l'implosion du cœur d'une étoile. L'énorme énergie gravitationnelle ainsi dégagée fait exploser l'étoile et la transforme en supernova dont le résidu postexplosif est une étoile à neutrons. C'est précisément par ce mécanisme que les étoiles les plus massives finissent – naturellement – leur vie. Le scrith,

dont le romancier Larry Niven fait la matière première de l'*Anneau-Monde* dans son œuvre éponyme de 1970, a aussi des propriétés proches de celle de la matière nucléaire : sa résistance n'a d'égal que l'intensité de la force nucléaire forte qui, dans le noyau des atomes, lie protons et neutrons. Il faut bien ça pour résister aux énormes contraintes engendrées par la rotation de l'*Anneau-Monde*, dont le rayon est de 150 millions de kilomètres.

Verrons-nous un jour les matériaux fabuleux de la science-fiction ? D'une certaine façon, ils sont déjà là, mais pas où nous les attendions : plantes et animaux produisent des matériaux organiques impressionnants. À quand, par exemple, une sporopollénine de synthèse, ce polymère ultrarésistant qui compose les parois des spores, des pollens et de certaines algues, capable de résister à des chocs et des températures extrêmes ? À quand une soie d'araignée artificielle, dont la configuration moléculaire pourra s'adapter aux changements de température et d'humidité ? Les applications du biomimétisme sont plus que prometteuses : polymères autoréparants, os synthétique, conducteurs organiques, surfaces autonettoyantes, nanomatériaux, etc. Les inventions d'aujourd'hui transformeront-elles la science-fiction d'hier en réalité de demain ? ■

J.-S. STEYER est paléontologue au CNRS-MNHN, à Paris. R. LEHOUCQ est astrophysicien au CEA, à Saclay.

Retrouvez les articles de J.-S. Steyer et R. Lehoucq sur www.pourlascience.fr



ART & SCIENCE

Le retour de la Grande Comète de 1680 ?

Une comète qui restera visible jusqu'au début de l'année 2014 ressemble beaucoup à celle peinte au XVII^e siècle par l'artiste hollandais Lieve Verschuier. Ont-elles un lien de parenté ?

Loïc MANGIN

Durant les derniers jours de décembre, lorsque vous préparerez les festivités de fin d'année, prenez quelques minutes pour scruter le ciel à la nuit tombée. Avec un peu de chance, vous apercevrez C/2012 S1. Une étoile ? Un satellite ?

Non, une comète – qui est visible à l'aide de télescopes amateurs depuis août 2013 (voir le cliché page ci-contre, en bas) et qui le restera jusqu'en janvier 2014. Au plus près du Soleil (on parle de périhélie), le 26 décembre 2013, et à 60 millions de kilomètres de la Terre, elle sera alors peut-être visible à l'œil nu. Cette comète est aussi nommée ISON, du nom du télescope (*International Scientific Optical Network*) installé près de Kislovodsk, en Russie, grâce auquel Vitali Nevski et Artyom Novichonok l'ont découverte le 21 septembre 2012.

Rappelons qu'une comète est un petit corps constitué d'un noyau de glace et de poussières. À l'approche du Soleil, ce noyau fond en partie et entraîne l'apparition, autour de lui, d'une couche gazeuse et brillante souvent prolongée par une traînée lumineuse, la queue de la comète. Cette queue peut s'étendre jusqu'à 80 millions de kilomètres. Plus précisément, ISON est une comète dite rasante, c'est-à-dire que son périhélie est très proche du Soleil.

Les caractéristiques de l'orbite d'ISON (son demi-grand axe, son excentricité, son inclinaison...) intriguent les astronomes, car elles sont similaires à celles de C/1680 V1, une autre comète plus connue sous le nom

de Grande Comète de 1680, mais aussi comète de Kirch. Elle a été représentée dans le ciel de Rotterdam (voir page ci-contre, en haut) par le peintre hollandais Lieve Verschuier (1627-1686). L'artiste est célèbre par ailleurs pour ses marines, riches d'enseignement sur la construction navale au XVII^e siècle.

La comète C/1680 V1 a été découverte le 14 novembre 1680 par l'astronome allemand Gottfried Kirch (1639-1710), qui sera le premier directeur de l'Observatoire de Berlin.

La comète de Kirch aurait été la première comète découverte grâce à un télescope : elle était pourtant visible à l'œil nu !

La comète de Kirch aurait été la première à avoir été découverte grâce à un télescope. On dit pourtant qu'elle fut visible en plein jour. De fait, elle avait une queue très longue, ce qu'illustre le tableau de Verschuier.

Dans ce tableau, que tiennent dans les mains certains spectateurs ? Il s'agit de bâtons de Jacob, ou arbalétrilles. Avant l'invention du sextant à la fin du XVIII^e siècle, ces instruments aidaient les astronomes à mesurer les angles. Ils étaient aussi utiles aux navigateurs et aux arpenteurs. Leur usage est attesté dès le XIV^e siècle.

La comète C/1680 V1 est aussi nommée comète de Newton, car le savant britannique, en rien concerné par sa découverte, aurait néanmoins utilisé les caractéristiques de son orbite pour, d'une part, vérifier les lois de Kepler

et, d'autre part, élaborer la loi universelle de la gravitation. Étonnamment, en 1684, l'un des premiers informés de son succès fut son ami... l'astronome Edmond Halley, qui avait calculé la périodicité de la comète de 1682 portant désormais son nom. D'ailleurs, Halley aurait observé la comète de Kirch lorsqu'il traversait la Manche vers la France.

La comète de Kirch est passée à quelque 60 millions de kilomètres de la Terre le 30 novembre 1680 (on retrouve la distance qui séparera ISON de la Terre le 26 décembre prochain). Elle s'est approchée à moins de un million de kilomètres du Soleil le 18 décembre 1680, atteignant son pic de luminosité le 29 décembre. Elle a été observée la dernière fois le 19 mars 1681. On a calculé qu'en septembre 2012, elle était à quelque 253 unités astronomiques du Soleil, soit environ 40 milliards de kilomètres.

Comment interpréter les similarités entre les orbites des comètes C/1680 V1 et C/2012 S1 ? Elles ne peuvent être les mêmes, car la comète de Kirch a une période de l'ordre de 10 000 ans. En 2012, l'astronome John Bortle, de l'Observatoire Brooks, aux États-Unis, a proposé que ces deux comètes pourraient être les fragments d'un même corps initial. Cependant, les observations qui se sont accumulées depuis semblent infirmer cette hypothèse. Quoi qu'il en soit, une splendide comète dans le ciel reste un beau cadeau de Noël ! ■

Un site de la NASA est dédié à l'observation de la comète ISON. Il contient de nombreuses références : <http://www.isoncampaign.org>



© Museum Rotterdam



Hubble

IDÉES DE PHYSIQUE

Tomber plus vite qu'en chute libre

Lorsqu'un objet déformable tombe, son contact avec le sol peut accélérer la chute au lieu de la ralentir.

Jean-Michel COURTY et Édouard KIERLIK

L'accélération des objets due à la gravité ne dépend pas de leur masse, si bien qu'ils tombent en chute libre à la même vitesse (si l'on néglige le frottement aérodynamique). Cette loi de la physique est tellement ancrée dans nos esprits que l'on est très surpris par certaines situations où une partie d'un objet tombe plus lentement ou plus vite que son centre de gravité !

Les ressorts de la chute d'un ressort mou...

Un tel cas peut se produire lorsque l'objet qui tombe est soumis à des tensions internes. Le « slinky » en fournit un exemple (voir la figure 1). Tenons par une extrémité ce jouet en forme de ressort souple, que l'on s'amuse habituellement à faire dévaler les escaliers, et laissons-le pendre en l'air. Il s'allonge, l'écartement de deux spires successives augmentant de bas en haut. Rien d'étonnant à cela : à l'équilibre, un segment donné du ressort soutient le poids de tout ce qui se trouve au-dessous de lui ; cette force augmente de bas en haut, d'où l'allongement proportionné.

Lâchons maintenant le slinky et observons sa chute. Même si tout va très vite, on s'aperçoit à l'œil nu que l'extrémité inférieure ne tombe pas : elle reste immobile tant qu'elle n'est pas rattrapée par la partie supérieure ! Le visionnage au ralenti d'images vidéo (il y en a pléthore sur le Web) montre plus de détails. Le ressort en chute libre présente deux parties : une zone

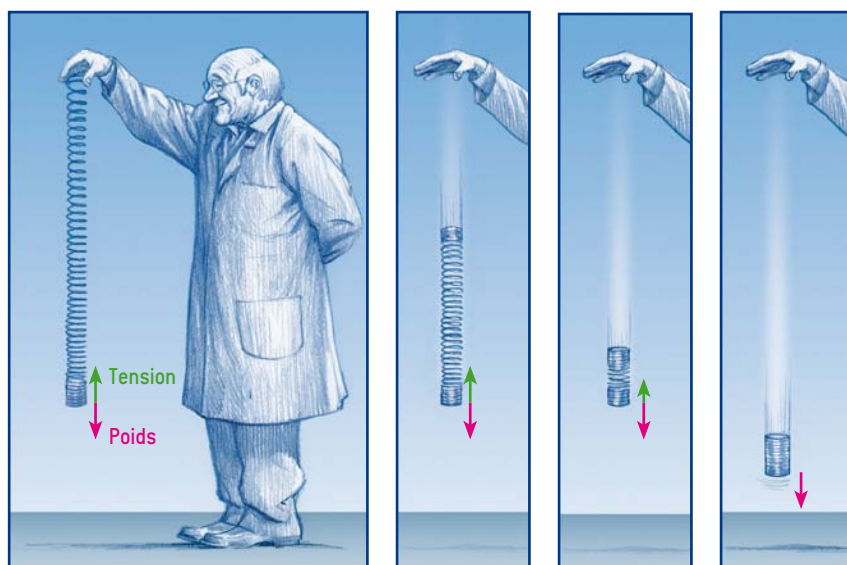
LES AUTEURS



Jean-Michel COURTY et Édouard KIERLIK sont professeurs de physique à l'Université Pierre et Marie Curie, à Paris. Leur blog : <http://blog.idphys.fr>

inférieure immobile, qui conserve l'état de déformation qu'elle avait lorsqu'on tenait le ressort ; une zone supérieure qui tombe, où les spires sont jointives et le ressort totalement replié. Pourquoi cela ?

Au moment où on lâche le slinky, le segment supérieur subit, outre son propre poids, une force dirigée vers le bas et due à la tension du ressort. Il s'ensuit que l'accélération de ce segment sera supérieure à l'accélération g de la pesanteur, la force totale subie dépassant le poids. Autrement dit, ce segment tombe plus vite qu'en chute libre !



1. QUAND ON LÂCHE UN LONG RESSORT SOUPLE, la partie supérieure chute avec une accélération supérieure à g . Le bas du ressort reste immobile, jusqu'à ce que l'onde de compression du ressort l'atteigne et fasse diminuer la tension, initialement opposée au poids de cette partie.