



TECHNOLOGIE

Des éponges de métal très convoitées

Les qualités du métal, la légèreté en plus : les mousses métalliques font l'objet de nombreuses recherches pour l'énergie, l'automobile et l'aéronautique.

Une mousse métallique, c'est du métal avec 90 % de vide ! L'idée peut paraître saugrenue. Pourtant, ces dix dernières années, elle a fait réfléchir de nombreux chercheurs et de plus en plus d'industriels auxquels les multiples intérêts de ces mousses n'ont pas échappé. Les Américains ont été les précurseurs avec un grand projet national, baptisé « Ultralight Metal Structure », qui traduisait d'emblée l'objectif initial : l'allègement des structures (en particulier avec des mousses d'aluminium), préoccupation récurrente de l'industrie automobile et aéronautique. L'Allemagne finance aussi un programme d'envergure.

Batteries de portables

Pourtant, ce n'est pas grâce à leur légèreté que les mousses métalliques ont conquis leurs premiers marchés de masse, celui des batteries rechargeables des téléphones et ordinateurs portables. « Depuis quelques années, une des élec-

Les deux types de mousses métalliques

Les propriétés des mousses métalliques dépendent avant tout de leur microstructure, donc de leur mode d'élaboration.

Dans le cas des **mousses ouvertes**, les parois des comportent des trous (voir photo), elles peuvent laisser circuler le courant électrique (c'est le cas des mousses de nickel dans les batteries), absorber les sons, permettre à l'os de se régénérer et s'y accrocher (mousses de titane étudiées pour des prothèses)...

Les **mousses fermées** sont surtout à base d'aluminium. Principaux avantages : légèreté, bonne résistance et surtout absorption des chocs (étudiées pour l'automobile et l'aéronautique). Les mousses les plus élaborées, les plus coûteuses aussi, fabriquées pour l'aéronautique, sont constituées de minuscules billes creuses savamment empilées. Elles sont rigides, résistent à de hautes températures, et leurs propriétés acoustiques sont maîtrisables selon l'empilement (mousses de nickel ou de superalliage).

trodes des batteries nickel-métal hydrure est constituée d'une mousse de nickel très poreuse, avec 95 % de vide », précise Samuel Forest, qui a travaillé sur le sujet avec son équipe de recherche sur les mousses métalliques au Centre des matériaux de l'École des mines de Paris. C'est un marché en pleine croissance, largement dominé par le Japon (Sumitomo) et la Chine. Le nickel est intéressant pour ces applications, car c'est un excellent conducteur d'électricité. Sous forme de « mousse ouverte » (lire ci-dessous), il permet d'assurer la réaction électrochimique dans un très grand volume.

Les mousses de nickel sont également utilisées dans certaines applications spécifiques de l'industrie chimique, par exemple comme support de catalyseurs, dans des canalisations pour éviter la propagation de flammes. Elles sont surtout convoitées pour des applications de dépollution, entre autres pour filtrer les métaux lourds des eaux usées et pour équiper les filtres à particules des véhicules diesel. « Nous travaillons sur le sujet avec Arvin-Meritor, un fabricant américain de filtres, basé à Dreux », explique Samuel Forest. « Nous étudions le comportement à long terme de ces filtres à particules dits de troisième génération, leur usure mécanique et thermique. » Par ailleurs, un peu pour les mêmes raisons que dans les batteries, des industriels s'intéressent désormais à ces mousses pour équiper les piles à combustible.

Alléger les structures

Les mousses métalliques ne sont donc pas apparues là où on les présentait, c'est-à-dire pour alléger voitures et avions, mais les industriels sont loin de baisser les bras. Tous travaillent sur les mousses d'aluminium, matériau léger par excellence. Sous forme de mousses fermées (lire ci-dessous), ils les étudient entre autres pour amortir les chocs à l'avant des véhicules dans des pièces qui protègent les longerons (maîtresse poutre métallique), mais aussi à l'intérieur du capot (pour mieux protéger les piétons en cas de choc), sous le volant (pour protéger les genoux du conducteur) ou entre la vitre et le pare-brise (pour protéger la tête).



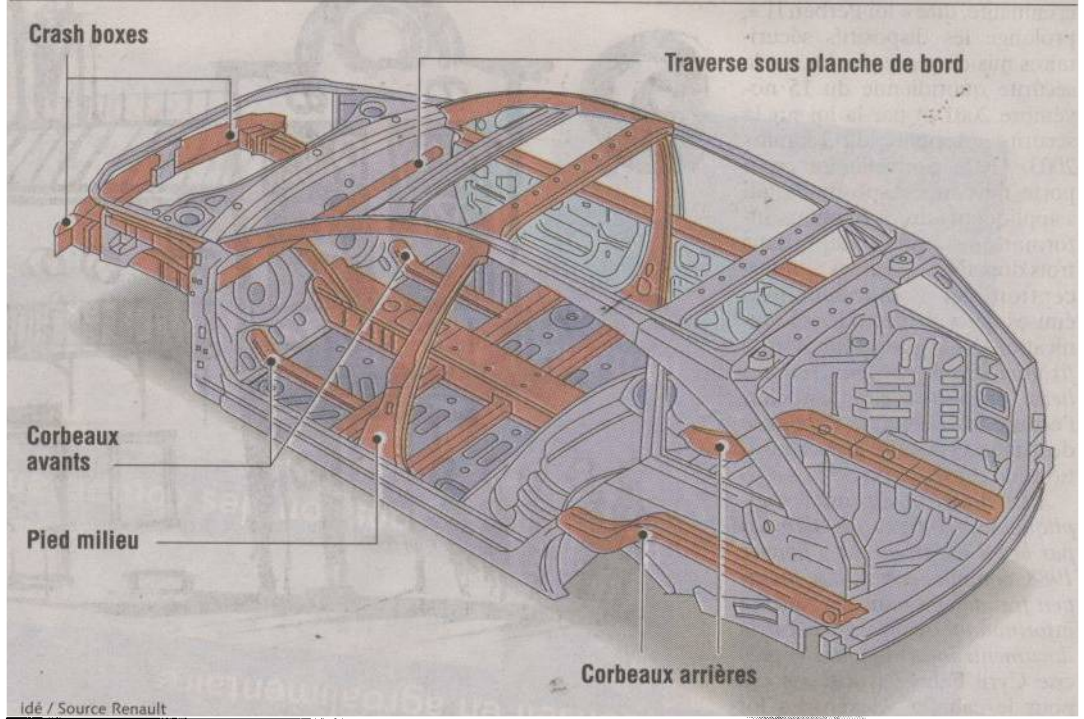
Mais, pour l'instant, ces mousses d'aluminium sont encore trop fragiles car trop irrégulières. C'est la principale conclusion d'une thèse cofinancée par Renault et l'École des mines de Paris. Ils ont étudié la mousse la plus économique, celle produite par le canadien Cymat en injectant un gaz sous pression dans un alliage d'aluminium liquide. Pourtant, l'industriel améliore sans cesse la régularité des structures de ses mousses. D'autres techniques de production sont en lice, comme celle du japonais Shinko Wire ou de l'Institut Fraunhofer en Allemagne, mais pour l'instant trop coûteuses.

Des applications exigeantes

« Pour utiliser ces mousses comme matériaux de structure, il reste beaucoup à faire pour comprendre leurs propriétés mécaniques, explique Luc Salvo, spécialiste des mousses métalliques à l'Institut national polytechnique de Grenoble. Notre but est de les modéliser en fonction de leur microstructure, de la taille des bulles, de leur distribution... Tous les grands laboratoires travaillent là-dessus. Ici, grâce aux rayons X du synchrotron de Grenoble, nous pouvons analyser des images en trois dimensions de grande qualité. »

Même credo dans l'industrie aéronautique : « Nous étudions les mousses métalliques depuis plusieurs années, mais pour l'instant leurs propriétés mécaniques ne sont pas assez fiables », affirme Florin Paun, chef de projet à

Les mousses métalliques dans l'industrie automobile



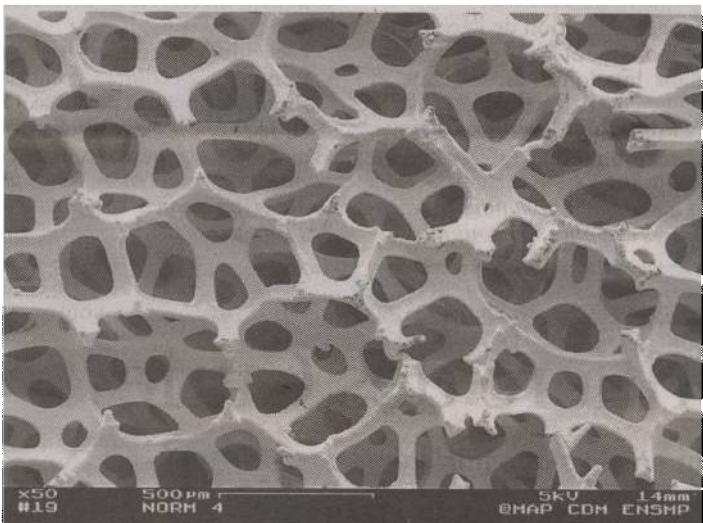
Des mousses à base de nickel sont déjà utilisées pour de nombreuses batteries de téléphones portables. Les industriels s'intéressent à d'autres métaux pour alléger les structures d'automobiles, voire d'avions.

l'Onera. Il y aurait de multiples applications tirant parti évidemment de la légèreté de ces matériaux, mais aussi de leurs excellentes propriétés acoustiques (le son est amorti dans les méandres de la mousse) et de leur bonne tenue à haute température. Les financements sont à la hauteur des enjeux : le département de la

Défense américain (Darpa) a financé une thèse à l'Onera sur la modélisation des propriétés des mousses, et son homologue français sur l'élaboration de mousses en superalliage. Des études confidentielles en bonne voie semblent-il. EADS s'y intéresse également pour améliorer la résistance à l'impact des oiseaux pour la

structure des avions. Elles pourraient également remplacer des structures réfractaires qui protègent les avions lors d'explosion de moteurs, ou revêtir l'intérieur des tuyères des moteurs d'avions de chasse pour limiter leur bruit. Autant d'applications très prometteuses, mais très exigeantes.

ISABELLE BELLIN



Mousse ouverte de nickel vue au microscope électronique à balayage.



Mousse fermée d'aluminium (image du synchrotron de Grenoble).