



# Idées débats, tribunes

## Yves Quéré

MEMBRE DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,  
PHYSICIEN DES MATÉRIAUX

# Face à la détérioration globale de l'industrie, l'avenir, c'est la métallurgie

« L'HD », dans le cadre d'un partenariat avec l'Académie des sciences, publie une nouvelle tribune donnant le point de vue d'un de ses membres sur de grandes thématiques scientifiques touchant à des enjeux de société.

■ La métallurgie, touchant tous les secteurs de l'industrie, en est représentative, et est également emblématique de la désindustrialisation française. Or, par sa capacité d'innovation et l'ampleur de ses applications, ce secteur phare recèle des leviers de redressement dont les pouvoirs publics doivent prendre la mesure. C'est ce que montre Yves Quéré, membre de l'Académie des sciences, physicien des matériaux, professeur émérite à l'École polytechnique (dont il a notamment été directeur de l'enseignement), ancien coprésident de l'InterAcademy Panel, le réseau mondial des Académies des sciences.

**L**a métallurgie, en France, une activité obsolète ? En août 2014, est décédé Jacques Friedel, un des très grands noms de la science de notre pays. Il aura été l'un des très rares savants au monde à avoir maîtrisé, d'une même vision, les deux grandes propriétés qui caractérisent un métal : celle d'être un bon conducteur de l'électricité et de la chaleur – deux caractéristiques liées entre elles par la présence en son sein d'électrons libres, libres de se déplacer contrairement au cas des isolants (verre, roches...) –, et celle de posséder ces propriétés mécaniques remarquables (et distinctes) que sont l'élasticité et la déformabilité, elles qui mettent en jeu les interactions des atomes.

Comment caractériser un métal ? De ces deux propriétés, la première nous vaut la bonne conductibilité électrique (transport du courant : cuivre, aluminium...) et thermique (échangeurs de chaleur en acier...) des métaux. Certains de leurs électrons peuvent, en plus, induire du magnétisme (aimants, carcasses de transformateurs...). La seconde concerne les propriétés des poutrelles, coques, ressorts, etc. liées à l'élasticité, ainsi que les capacités de formage (laminage, emboutissage, tréfilage, forgeage, martelage...) des plaques, tôles, profilés, fils, etc., dues à la malléabilité des

métaux. Ainsi, un lingot d'aluminium peut devenir une feuille de « papier alu », laquelle peut elle-même être pliée à merci. Cette facilité de mise en forme bénéficie également, pour certains métaux, de températures de fusion relativement basses (l'aluminium fond à 660 °C) permettant, par fonderie, la coulée dans des moules. Les orfèvres des pharaons savaient qu'un métal pur, l'or par exemple, est trop « mou » pour qu'on puisse en faire des bijoux et qu'il faut lui ajouter un peu d'argent ou de cuivre pour le durcir : c'est dire que la métallurgie est presque toujours, en pratique, celle d'alliages métal-

liques dont l'acier (fer, carbone et autres éléments) est un exemple omniprésent.

### D'UN PASSÉ RÉCENT GLORIEUX...

La métallurgie – production, mise en forme et assemblage des métaux et des alliages – est à la fois un art ancestral et une science moderne. Un art et un métier, qu'illustrent nombre de sites archéologiques (bas fourneaux, fabriques de fibules, de cloches...). Une science, celle où l'on s'attelle à comprendre ce que, souvent, l'on savait empiriquement depuis longtemps, et à en tirer profit pour améliorer les propriétés d'usage ainsi que les procédés d'élaboration et de mise en forme.

La métallurgie française a connu, lors du dernier demi-siècle, un remarquable essor qui lui a conféré un fort pouvoir d'innovation et nombre d'éclatantes réussites. Elle s'est épanouie dans de grands laboratoires industriels – Sidélor/Arcecor, Pechiney, Saint-Gobain, Imphy, Renault, Peugeot SA, Pont-à-Mousson, Chantiers de l'Atlantique, Aubert & Duval... –, dans des centres de recherche – CEA, ONERA, IRSID... – et dans nombre de laboratoires de l'université ou du CNRS.

De ces réussites, citons quelques domaines, hors ambition de complétude. La science des métaux,

**LORS DU DERNIER DEMI-SIÈCLE, LA MÉTALLURGIE FRANÇAISE A ATTEINT UN NIVEAU D'EXCELLENCE MONDIAL, FOURNISSANT 1,8 MILLION D'EMPLOIS.**



BRIGITTE EYMANN / ACADEMIE DES SCIENCES

chapitre naguère vivace du cursus de nombreuses grandes écoles, a prospéré en termes d'études des « défauts » cristallins, de la diffusion atomique, de la mécanique de la rupture, des microstructures, du magnétisme, de la modélisation numérique, entre autres, devenant une voie d'accès obligée vers l'immense champ de la science des « matériaux » au sens large. S'agissant de l'industrie aéronautique: la maîtrise des structures des avions, des moteurs (aubes monocristallines), des trains d'atterrissage a été primordiale dans la compétition internationale (A321, A380, hélicoptères) et dans la construction des lanceurs. Dans l'industrie nucléaire, nos réacteurs fonctionnent presque en continu pendant 40-50 ans avec des kilomètres de tuyauteries, des gaines de combustibles en alliages « exotiques » (zircaloy...), avec des cuves soumises à un flux intense de neutrons... Le transport maritime, lui, requiert des aciers de coques d'excellentes soudabilité et tenue à la corrosion, notre pays détenant en particulier la quasi-totalité du marché des cuves pour méthaniers (acier INVAR M93). Concernant le transport routier, la métallurgie y est reine s'agis-

## LA CRÉATION DE GRANDS PÔLES ENSEIGNEMENT-RECHERCHE FAIT PARTIE DES PROPOSITIONS DES 2 ACADEMIES (SCIENCES, TECHNOLOGIES).

sant de sécurité (rigidité de la « caisse en blanc », soit la structure métallique du véhicule) et de consommation (poids du véhicule). Ces quelques exemples laissent de côté ces autres grands secteurs que sont l'élaboration (électrolyse, coulée continue...), le transport ferroviaire, les aciers spéciaux (Imphy), les travaux publics (ponts...), l'industrie pétrolière (pipelines: Valourec), le magnétisme (aimants RFeB), la magnétorésistance (l'électronique de spin), les piles à combustible (pile PEMFC), les

biomatériaux métalliques, la microélectronique (connectique et techniques de brasage), etc.

### ... À UN PRÉSENT ALARMANT, MAIS REMÉDIABLE

Au début de ce siècle, la métallurgie française avait donc atteint, dans nombre de ces secteurs, un niveau d'excellence mondial et fournissait 1,8 million d'emplois dont 220 000 ingénieurs et cadres dans 45 000 entreprises, avec un chiffre d'affaires de 420 milliards d'euros.

Cette situation favorable s'est brusquement dégradée. Nous subissons, là comme ailleurs, une navrante désindustrialisation qui a vu de nombreux sites être fermés (ainsi de Metaleurop-Nord, 2003...), des fleurons de notre industrie être vendus – acquisition de Tréfinmétaux (cuivre) par l'italien KME (1988), de Pechiney (aluminium) par le canadien Alcan (2003), etc. – et donc des centres de décisions s'éloigner des centres de production, des laboratoires se contracter, des compétences se disperser, des enseignements disparaître et des étudiants s'éloigner de disciplines jugées, bien à tort, obsolètes et démodées.

Il demeure pourtant des pans d'excellence: ainsi, notre sidérurgie reste l'une des plus modernes. Mais, face à la détérioration globale observée, les deux Académies (sciences et technologies) ont lancé une sérieuse mise en garde dans un rapport publié en 2010 (« La métallurgie, science et ingénierie », voir « Pour en savoir plus ») qui propose des actions pour un redressement: ainsi de la mise en place de 2 à 4 grands pôles enseignement-recherche en métallurgie chargés de renforcer les liens entre laboratoires publics et centres de recherche industriels, français et européens. Y répondent la création de l'Institut de recherche technologique « Matériaux, Métallurgie, Procédés » et du Groupement d'intérêt public MetaFensch, tous deux en Lorraine, ainsi que la prochaine conférence (« La métallurgie, quel avenir! ») qui aura lieu fin juin 2016 à l'École des mines de Saint-Étienne. Signes encourageants. Espoirs d'un rebond? ★

### POUR EN SAVOIR PLUS

LE SITE DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES:  
[WWW.ACADEMIE-SCIENCES.FR](http://WWW.ACADEMIE-SCIENCES.FR)

« LA MÉTALLURGIE, SCIENCE ET INGÉNIERIE », rapport sur la science et la technologie n° 31, sous la direction d'André Pineau et Yves Quéré. Académie des sciences-Académie des technologies, EDP Sciences, 2010. Téléchargeable: <http://bit.ly/1WGL0tB>

« INTRODUCTION À LA MÉTALLURGIE GÉNÉRALE », de Jacques Lévy. Mines-Paristech, 1999.

« PHYSIQUE DES MATÉRIAUX », de Maurice Gerl et Jean-Paul Issi. Presses universitaires romandes, 1997.

« MÉTALLURGIE, DU MINÉRAI AU MATÉRIAU », de Jean Philibert, Alain Vignes, Yves Bréchet, Pierre Combrade. Dunod, 2013.