

• š ... š ...

... € ... 'OECE— < ŽOECE OECEOE

• f š •

š € •

• TM •

š •

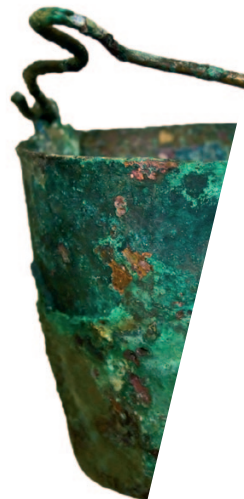
> ... € š

€ ...

f •

† œ ž ... •

f





~ ... TM
•

Certes, la métallurgie est une vieille dame qui a déjà beaucoup donné ! Depuis 4000 ans, elle profite de la plasticité particulière des métaux à chaud et de leur durcissement possible, et a permis à l'homme préhistorique de dépasser le stade du silex, taillé ou poli. L'âge du bronze des héros de l'Iliade a développé le transport de l'étain de la Cornouaille britannique pour durcir le cuivre méditerranéen, premier lien économique européen de grande ampleur. L'âge du fer, mille ans plus tard, a doté les Celtes d'un glaive redoutable à double tranchant, fait d'un acier durci au carbone, qui pouvait être fabriqué dans toute l'Europe à partir de mines et de forêts locales.

Ces préoccupations guerrières n'ont fait que croître en développant les cuirasses puis les armes à feu, jusqu'à la fin du siècle dernier en multipliant tanks, avions, navires de combat et fusées. Mais elles se sont doublées d'applications plus pacifiques, du soc en fer des charrues pour défricher le fond des vallées, jusqu'aux cloches des églises qui, depuis le 7^e siècle, comptent les temps des jours.

La révolution industrielle a totalement transformé la vie moderne. Avec l'aide essentielle de la métallurgie, les 19^e et 20^e siècles ont développé les transports maritime, ferroviaire, automobile, aéronautique. L'emploi systématique des propriétés conductrices des métaux a développé l'éclairage, le chauffage puis les télécommunications – télégraphe, téléphone, radio, télévision. Pour produire l'énergie nécessaire à ces activités, la métallurgie est à la base des réseaux électriques terrestres ou par ondes radio et des centrales électriques, qu'elles soient au charbon, au gaz ou nucléaires, ou encore éoliennes ou solaires.

Dans tous ces domaines, la nature des matériaux utilisés peut évoluer. Le silicium reste essentiel en informatique ; le verre remplace le cuivre dans les grands réseaux téléphoniques terrestres ; les composites métal – non métal ou sans métal du tout ont remplacé les purs métaux dans les

applications spatiales, sans s'imposer jusqu'ici pour les automobiles ou les avions. Mais dans tous ces domaines, les techniques d'étude, de fabrication et d'emploi sont inspirées de celles de la métallurgie ; et la tendance depuis 40 ans est de regrouper l'enseignement et la recherche en métallurgie dans ceux, plus larges, des matériaux de structure ou de fonction, favorisant ainsi les rapports nécessaires entre chimistes, physiciens et mécaniciens.

Après la dernière guerre, stimulée par les besoins de la reconstruction puis les accords de la CECA sur « le charbon et l'acier », la France a su reprendre le rang qu'elle avait acquis au début du 20^e siècle, illustré à Paris par la Tour Eiffel et l'appellation de « Ville Lumière », mais aussi par le développement de l'aluminium, la mise au point de l'invar, l'étude du magnétisme... L'industrie métallurgique a alors développé deux grands laboratoires, l'Irsid pour les aciers et Pechiney-Voreppe pour l'aluminium, tandis que deux nouveaux organismes d'État, l'Onera et le CEA, ont participé de façon essentielle au développement de l'aéronautique, du spatial et du nucléaire. Entre les enseignements techniques et professionnels des lycées, les IUT, les écoles d'ingénieurs et les universités, notre pays s'est progressivement adapté à former le personnel nécessaire à ce renouveau.

La France a aussi participé à la compréhension des propriétés métalliques touchant à la nature même des liaisons atomiques, aux structures qu'elles peuvent développer et aux propriétés tant physicochimiques que plastiques des métaux. Ceci a pris du temps, si l'on songe que les constructeurs de la Tour Eiffel, parmi les meilleurs ingénieurs de leur temps, ignoraient que les métaux avaient une structure cristalline ! Les concepts de base se sont progressivement clarifiés dans l'entre-deux-guerres – gaz de fermions corrélés, structures cristallines et joints de grains, dislocations, lacunes... ; et c'est dans les années 50-60 que des efforts coordonnés ont permis de développer les premiers modèles





Progression de la transformation martensitique dans un alliage à mémoire de forme CuZnAl

>>>

simplifiés, puis de les comparer à des observations dans de nouveaux instruments. Avec le développement de l'informatique, on a ensuite cherché à préciser ou à corriger ces modèles faits à l'échelle atomique ; et, par des changements d'échelle successifs, on peut maintenant, dans les cas favorables, passer à la prédiction détaillée du comportement de pièces macroscopiques, voire de dispositifs entiers. Si les principes généraux concernant la stabilité des phases (cristallines, quasi-cristallines ou amorphes), leur déformation plastique, le durcissement des alliages et leur tenue sous irradiation sont cernés pour l'essentiel, on est très loin d'une technique pressabouton ! Pour prendre quelques exemples récemment rencontrés, la chimie des actinides (U, Pu, Am...) pose des problèmes complexes pouvant mettre en jeu des liaisons covalentes par mélange des orbitales 5f et 6d de ces éléments ; les aspects dynamiques de la plasticité comme des irradiations sont loin de l'équilibre thermodynamique ; les changements d'échelle pratiqués par les mécaniciens négligent jusqu'ici les instabilités plastiques locales dues à des avalanches de dislocations, dont l'étude demanderait des instruments d'observation et de calcul qui manquent aux échelles intermédiaires de temps et d'espace où elles se produisent.

Mais trois facteurs nouveaux ont changé la donne dans les trente dernières années. Leur combinaison explique le ralentissement des activités métallurgiques dans les pays développés, à l'exception de l'Allemagne et du Japon. Une vue à moyen terme impose au contraire aux pays concernés de reprendre des efforts, si possible coordonnés, dans un domaine en fait stratégique, en plein développement mondial et qui pose encore de grandes questions scientifiques et techniques.

Ces trois facteurs sont conjugués.

1 • La mondialisation croissante de l'économie a été favorisée par le développement des communications et stimulée par la croissance encore forte de la population mondiale. Elle a amené les pays développés à sous-traiter aux pays en voie de développement les activités techniques élémentaires ; et l'internationalisation des grands groupes a conduit à une perte de contrôle au niveau européen des industries de base, notamment pour l'acier et l'aluminium. La domination financière, réglée sur un marché à court terme, rend aussi difficile la prise en compte de l'évolution technique et scientifique à moyen terme.

2 • La croissance des besoins mondiaux en énergie, conséquence de cette mondialisation, se heurte à l'épuisement, programmé pour ce siècle, des ressources en pétrole et en gaz. Les ressources nouvelles tirées de l'éolien et du solaire demandent des développements en matériaux de structure et ont peu de chances de pouvoir satisfaire ces besoins mondiaux sans une aide très substantielle du charbon ou du nucléaire, avec toute la métallurgie que cela sous-tend.

3 • Les préoccupations actuelles concernant le climat posent le problème du stockage du CO₂ dégagé par l'emploi des combustibles fossiles dans les centrales électriques et par le comburant Fischer-Tropsch issu du charbon. Le regain actuel du nucléaire, s'il se confirme, demandera dans un futur proche la mise au point de réacteurs à neutrons rapides pour faire face aux besoins mondiaux d'uranium.

En conclusion, la continuation de la politique actuelle à moyen et long terme ne peut conduire qu'à une désindustrialisation totale de notre pays. Le rapport des deux académies conclut que c'est cette vision qu'il faut changer. Il propose des mesures à prendre immédiatement. ■

