

## Éditorial

### Un rapport indispensable de l'Académie des sciences et de l'Académie des technologies sur « La Métallurgie, Science et Ingénierie »

« La métallurgie n'apparaît pas comme une matière scientifique de pointe ni comme un besoin pour la société ».

« La Métallurgie est une science mature et donc les grandes découvertes et les ruptures technologiques sont derrière nous ».

Ces opinions émises dans les média grand public mais parfois aussi dans certains milieux académiques, industriels, dans le monde étudiant, voire celui de la recherche, témoignent d'une méconnaissance profonde de la réalité.

La métallurgie, savoir lié à l'extraction, l'élaboration et l'utilisation des métaux, a toujours été, demeure et restera d'une importance vitale pour le développement et le bien être de toute société évoluée. Elle constitue une véritable science interdisciplinaire, faisant intervenir la chimie, la physique, la mécanique, les mathématiques. Elle emprunte les concepts et les méthodes à ces disciplines, et en retour elle contribue à leur développement par les besoins nouveaux qu'elle suscite. De plus la métallurgie est à l'origine de la Science des Matériaux qui utilise largement ses outils conceptuels et théoriques, permettant ainsi le développement rapide de matériaux aussi variés que les semi-conducteurs, les carbones, le verre, les céramiques, les polymères ou le ciment.

L'industrie métallurgique française, des producteurs aux grands secteurs utilisateurs de métaux et alliages, a atteint un niveau d'excellence mondiale, en bénéficiant du soutien des centres de recherche publics et privés et des avancées scientifiques des équipes universitaires de pointe.

Des réalisations françaises majeures, notamment dans le domaine de la construction automobile et ferroviaire, des matériaux pour l'énergie nucléaire, du transport, de l'aéronautique, mais aussi dans celui des biomatériaux, de la micro-électronique, de l'opto-électronique ou des techniques de l'information sont là pour en témoigner. Pour répondre aux grands défis du XXI<sup>e</sup> siècle, en matière d'énergie, d'environnement, de sécurité, ce savoir métallurgique constitue un élément clef. Sa maîtrise constitue donc un atout majeur pour la compétitivité de l'industrie française.

Conscientes de ces enjeux majeurs pour le futur, l'Académie des sciences et l'Académie des technologies ont décidé de consacrer un Rapport sur la Science et la Technologie<sup>1</sup> à une analyse critique de la Métallurgie Française. Ce rapport « La Métallurgie, Science et Ingénierie » a été établi par un groupe d'experts académiques et industriels, animé par André Pineau de l'Académie des technologies et Yves Quéré de l'Académie des sciences.

Dans ce contexte, la *Revue de métallurgie*, seule revue en France qui, depuis plus d'un siècle, publie les travaux scientifiques et techniques dans le domaine de la métallurgie, se sent plus que jamais concernée par ces enjeux. Pour sensibiliser et mieux informer nos lecteurs de la situation actuelle et future de la métallurgie en France, nous vous proposons dans les pages qui suivent la synthèse de ce rapport, faite lors de la conférence de presse du 20 janvier 2011 « L'avenir de la métallurgie française en danger », organisée par les deux académies.

Jean-Marc Steiler et Robert Alberny

Rédacteurs en chef de la Revue de Métallurgie

<sup>1</sup> Rapport de l'Académie des sciences et de l'Académie des technologies. La Métallurgie, science et ingénierie, sous la direction de André Pineau et Yves Quéré. RST n°31 - Éditions EDP Sciences Rapport en ligne sur le site de l'Académie des sciences : <http://www.academie-sciences.fr/activite/rapport/rst31.htm>



## La Métallurgie

La Métallurgie ? Toute une aventure qui plonge ses racines dans l'histoire plusieurs fois millénaire des hommes et qui, de ce fait, peuple notre langage : l'âge de fer et l'âge d'airain, les bronzes antiques, l'orfèvrerie égyptienne et l'argenterie de la Renaissance, les aciers damassés, l'étalon or et l'or du Rhin, le fil de fer et le fer à repasser, la thèière en argent et l'argent facile, les étains bretons, le fil à plomb, la sidérurgie lorraine, le dural et l'inox, la fonte et le laiton, les cuivres de l'orchestre, les vis platinées, les piles au lithium, les toits en zinc, la bombe au cobalt, le titane de ma prothèse et les chromes de ma voiture, mais aussi le laminage, l'étrirage, le martelage, l'écrouissage, le tréfilage, l'emboutissage et le décolletage. . . , tous sont là pour nous rappeler l'omniprésence des métaux dans l'évolution des civilisations comme dans le plus commun de nos vies et de nos métiers.

Ce fut là – et c'est encore là, à bien des égards – un point fort de notre art et de notre industrie. Notre pays a joué un rôle considérable, notamment au siècle passé, dans l'étude fondamentale, dans la compréhension des propriétés et dans l'utilisation industrielle des métaux. Il est connu de par le monde pour la qualité de ses aciers spéciaux, de ses alliages tant pour l'aéronautique que le nucléaire, les méthaniers ou les tubes de forage. Ces matériaux sont issus de la recherche et mis en œuvre par des ingénieurs formés, dans nos Universités et nos Grandes Écoles, à la métallurgie, à ses concepts originaux et novateurs (mêlant physique, mécanique, chimie, mathématiques appliquées. . . ) ainsi qu'à la connaissance des propriétés souvent subtiles et des comportements souvent inattendus des métaux.

Tout cela est gravement menacé et le présent rapport pousse un cri d'alarme. Ce vaste secteur – bassin d'emplois considérable, pans entiers de nos exportations, mosaïque de PME et source de recherches passionnantes – souffre d'asthénie : les étudiants le boudent, les professeurs s'en éloignent, au profit de sujets à la mode, et nombre des laboratoires concernés maigrissent ou disparaissent. Quant aux industries, dans l'ensemble encore vaillantes, les plus importantes d'entre elles ont vu leurs centres de décision quitter le pays et leurs liens avec la recherche universitaire, naguère si forts, s'étioler.

### Renaissance possible ?

Non, si les choses restent en l'état, avec un scénario prévisible : une recherche qui, en dix ans, suivant sa pente actuelle, s'évaporerait, ou encore, coupée d'une industrie devenue routinière, se concentrerait sur des sujets de pur académisme, et une production qui, virant alors au « bas de gamme », déclinerait face à celle des pays à faibles salaires, entraînant d'énormes conséquences sur l'économie et sur l'emploi.

Oui, si des mesures relativement simples – décrites dans le rapport – sont décidées et mises en œuvre rapidement : relance de l'enseignement et de la recherche dans ce domaine, et politique volontariste visant à recréer et/ou développer le réseau de liens entre recherche et industrie, notamment dans le vaste champ des PME. Visant en somme à ce que notre métallurgie, se battant non sur le front des tonnages, le fasse sur celui de l'excellence.

## Métallurgie et industrie

### La situation actuelle

La France a traditionnellement tenu une position privilégiée en métallurgie grâce en particulier à la présence de grands groupes industriels. Ces groupes ont créé une industrie performante, illustrée par de nombreux leaderships technologiques (aéronautique, TGV, nucléaire. . . ). Parallèlement, cette industrie métallurgique a profité d'un environnement exceptionnel dans l'enseignement et la recherche publique grâce à l'excellence de quelques Universités, grandes Écoles et laboratoires publics. Cet environnement favorable, issu principalement de la sidérurgie et, plus récemment, de l'aluminium, a contribué au développement d'autres métaux plus spécialisés et hautement stratégiques comme le titane, le zirconium, le cuivre, les superalliages et le silicium pour les marchés du nucléaire, de l'aéronautique, de la microélectronique, de l'armement. . .

La situation actuelle, amplement décrite dans le rapport RST, s'appuie sur 25 annexes (format numérique). En matière industrielle, on recommande tout particulièrement la lecture des annexes 1 (Industrie métallurgique en France) et 24 (La recherche industrielle en Métallurgie).

L'industrie métallurgique française vient de faire l'objet de plusieurs OPA et restructurations qui ont vu partir de nombreux centres de décision à l'étranger, et en particulier hors d'Europe. Elle représente néanmoins environ 1 800 000 emplois directs ou indirects en France dont près de 500 000 pour l'élaboration et la transformation des métaux. Les grands centres de recherche industriels ont, pour l'instant, été maintenus en France, même si leur taille a diminué.

La position de la métallurgie française s'est ainsi affaiblie et risque de devenir catastrophique si rien n'est fait rapidement. Croire qu'on pourra s'approvisionner auprès des pays émergents qui développent actuellement fortement leur industrie métallurgique est une idée dangereuse et fautive dans de nombreux cas, y compris dans les domaines technologiques qui, à première vue, paraissent les plus simples sur le plan technique, comme l'industrie automobile, sans parler de l'industrie électronucléaire ou de l'industrie aéronautique.

## **Ce qui est proposé dans le RST**

Il est indispensable, économiquement et stratégiquement, de maintenir en France une métallurgie forte et excellente. Elle est en effet vitale pour des secteurs capitaux tels que transports (automobile, ferroviaire, aéronautique...), énergies (nucléaire, énergies durables...), construction navale, armement, bâtiment... Il s'agit de dynamiser l'ensemble de ces secteurs et, au minimum, de préserver nos compétences et notre savoir-faire.

Le RST propose la création d'une « mission interministérielle ». Peut-être faudrait-il plutôt l'appeler « Comité d'Orientation Stratégique de la Filière Métallurgie ». À la suite des travaux des États Généraux de l'Industrie, il préciserait le diagnostic de la situation française dans un certain nombre de secteurs industriels et analyserait leurs places dans le contexte européen et mondial. En effet, si le RST propose pour chacun des domaines examinés dans les 25 annexes, des pistes de recherche et de développement industriel, cette analyse doit être poursuivie et consolidée. Le domaine des ressources en matières premières ne doit pas être oublié.

Au niveau général, le RST recommande que la R&D en métallurgie soit soutenue par affichage dans les programmes aidés (ANR, FUI<sup>2</sup>) par l'identification des verrous scientifiques (nombreux exemples dans le RST) dans divers domaines clés, comme la corrosion/protection, la durabilité, le comportement en service, l'allègement, la formabilité, le recours à des assemblages innovants et multi-matériaux. Le RST recommande également qu'on accorde plus d'importance à l'intégration des procédés, au sens large du terme.

## **Enseignement et recherche**

### **Situation actuelle**

La métallurgie souffre, dans l'enseignement, d'un déficit d'image. À la désaffection des étudiants pour les disciplines scientifiques et techniques, tendance lourde encouragée par une désindustrialisation progressive au profit d'une conception financière de la société industrielle, se surimpose une image de « discipline ancienne » qui masque la réalité.

Cette réalité est celle d'une discipline au cœur de nombreux développements industriels modernes, évoqués ci-dessus. Et pourtant, les grandes Écoles les plus prestigieuses ont pratiquement renoncé à toute formation en métallurgie tandis que les Universités ont sacrifié cette compétence de base.

<sup>2</sup> 1 ANR = Agence Nationale de la Recherche ; FUI = Fonds Unique Interministériel.

## Recherche

Le nombre de chercheurs en métallurgie dans les grands organismes de recherche (notamment CEA et ONERA) a été divisé par trois dans ces 15 dernières années. La recherche privée n'est guère en meilleure posture. La fragmentation des commissions du CNRS et le manque de lisibilité de la métallurgie comme discipline singulière ont fait le reste. Une des forces de la discipline, sa liaison étroite avec le monde industriel, est devenue une faiblesse : trop fondamentale pour la recherche appliquée, la métallurgie fondamentale est apparue comme trop appliquée aux yeux des responsables de la recherche fondamentale. Dans le même temps des pays comme la Chine ou l'Inde montent en puissance de façon impressionnante.

Il reste encore en France quelques équipes de bon niveau et de reconnaissance internationale en métallurgie à partir desquelles on peut reconstruire un tissu de recherche de très bon niveau. Ceci nécessite, par an, environ 150 « thésards » au meilleur niveau.

## La situation est grave

La métallurgie fondamentale, socle de base de la science des matériaux et la maîtrise de ceux-ci depuis leur élaboration jusqu'à leur mise en œuvre, constituent un verrou technologique majeur de la plupart des secteurs industriels de pointe. La voir s'effriter est inquiétant.

Par ailleurs, la métallurgie évolue très vite : nouvelles méthodes d'élaboration, nouvelles techniques d'étude, importance croissante des simulations numériques, développement de stratégies de « matériaux sur mesure ». . . Un décrochage dans ces domaines en pleine révolution va produire, s'il se confirme, des dégâts considérables et probablement irréversibles.

Le manque d'une relève, faite d'esprits jeunes et brillants, peut nous exclure de cette révolution prometteuse.

## Ce qui est proposé

Il est urgent de réinstaller, dans les Écoles et les Universités, des formations de métallurgie en tant que discipline constitutive de la formation d'un ingénieur.

Une fois le besoin affiché, et la presse peut nous y aider, il faudra se donner les moyens d'y répondre, en recrutant des enseignants-chercheurs, et en mettant en place un système de formation des formateurs, par des écoles d'été permettant de les conduire à enseigner la métallurgie au meilleur niveau. L'enseignement devra aussi s'appuyer sur des contacts étroits avec le monde industriel : mise en place de chaires industrielles témoignant de l'intérêt des partenaires privés, et accueil à temps partiel des chercheurs de l'industrie. . . Seul un effort volontariste permettra de former à la métallurgie des ingénieurs et des techniciens de haut niveau.

Il faudra identifier quelques « pôles d'excellence » pour reconstruire la métallurgie (recherche et formation), associant le monde académique, les grands instituts et le monde industriel, les actions faisant l'objet d'appels d'offre identifiés dans les organismes financeurs de la recherche.

Il est essentiel que la discipline continue à recruter des chercheurs de bon niveau (CNRS et Enseignement supérieur), au besoin en formant à la métallurgie des jeunes d'autres domaines de science des matériaux. Il est urgent de recréer un vivier où la recherche publique aussi bien que la recherche privée puissent recruter la génération de chercheurs à venir.

Yves Quéré et Yves Bréchet

Membres de l'Académie des sciences

André Pineau

Membre de l'Académie des technologies

*Conférence de presse - 20 janvier 2011*