

« Cristaux imparfaits : Les vertus des défauts »

Yves BRECHETt, Professeur à Grenoble-INP, Haut commissaire à l'énergie atomique, Membre de l'Académie des Sciences

Les cristaux dans leur froide beauté recèlent des défauts cachés : défauts ponctuels voulus par la thermodynamique et le prix à payer à l'entropie, joints de grains résultants de la croissance voisine de plusieurs germes à partir d'une phase mal condensée, liquide ou solide, défauts linéaires ou dislocations résultant de leur déformation.

Ces défauts ne sont pas, comme on pourrait le penser superficiellement, des vices cachés, mais au contraire ils sont la cause de nombreuses propriétés intéressantes des cristaux : les défauts ponctuels permettent le transport de matière par diffusion, les dislocations sont causes de mécanismes de croissance cristalline très efficaces, mais sont aussi le véhicule de la plasticité des solides cristallins, les joints de grains, comme obstacles au mouvement des dislocations, sont un moyen de contrôle efficace de la limite d'élasticité.

Au-delà des défauts de structures ainsi décrits, les cristaux contiennent aussi des inhomogénéités chimiques qui ne sont pas nécessairement le signe de ségrégations parasites, mais souvent la traduction matérielle de la thermodynamique c'est-à-dire de la compétition entre les forces d'attraction entre les atomes de soluté qui tend à les rassembler, et les contributions entropiques qui tendent à les séparer. Les transformations de phases qui en résultent conduisent à des formations qui, elles aussi, jouent un rôle essentiel dans le contrôle de propriétés comme la limite d'élasticité ou la coercivité magnétique.

Les défauts dans la perfection cristalline, qu'ils soient structuraux ou chimiques, sont non seulement particulièrement importants dans nombre de leurs propriétés importantes, ils sont aussi un outil essentiel dans la compréhension du graal de la science des matériaux, la modélisation multiéchelle des relations entre les propriétés et les microstructures, et entre les microstructures et les propriétés. Ils fournissent des objets intermédiaires entre l'échelle atomique de l'angstrom, et l'échelle macroscopique des composants. C'est par la compréhension de la dynamique de la population de tels objets en interaction que se construit la modélisation moderne des matériaux cristallins, et que la possibilité de concevoir des matériaux sur mesure, d'un idéal à atteindre devient progressivement une réalité.

De telle sorte qu'on peut, sans culte du paradoxe facile, parler des « vertus des défauts », et d'un juste « éloge de l'imperfection » dans les solides cristallins, ce qui est l'objet de cette conférence.