

La Métallurgie physique au service de l'aéronautique

Anne Denquin¹

1 Onera, Département Matériaux et Structures Métalliques, 29 avenue de la division Leclerc, 92320 Châtillon, France

Les matériaux sont depuis toujours l'un des facteurs clés dans le développement des aéronefs et équipements aéronautiques. Ils ont largement contribué aux progrès considérables survenus dans le domaine de la fiabilité et des performances de ces structures, aussi bien en termes de résistance que de masse et durabilité. Les enjeux d'allègement et d'augmentation des performances engagent la recherche sur de nouveaux matériaux plus légers, supportant de plus hautes températures ou de plus hautes contraintes. Qu'il soit en rupture des alliages conventionnels ou qu'il relève d'une optimisation incrémentale de matériaux existants, le développement de nouveaux alliages aéronautiques plus performants requiert la compréhension à différentes échelles des microstructures générées et des mécanismes de transformation de phase qu'elles impliquent. Les alliages d'aluminium à durcissement structural constituent un exemple typique d'alliages aéronautiques pour les cellules d'aéronefs. Découvert dès 1906, le principe du durcissement structural dans ces alliages, provoqué par la formation de nano-précipités au cours de gammes de transformations spécifiques, sera mis à profit au fil des siècles pour proposer des nuances de matériaux toujours plus résistants aux sollicitations en vol. Dans ce domaine, la compréhension du chemin cinétique de précipitation et des mécanismes de durcissement structural sont à la base des derniers développements d'alliages qui concurrencent aujourd'hui les matériaux composites. A l'opposé, les alliages intermétalliques à base d'aluminium de titane viennent d'être introduits en tant qu'aubes de turbine basse pression dans les dernières générations de turbines aéronautiques. Leur intérêt principal réside dans leur excellente résistance spécifique à haute température, basée sur une densité moitié de celle des alliages à base de nickel conventionnellement utilisés. En contrepartie, ces matériaux souffrent d'une certaine fragilité à basse température. Leur introduction repose sur une véritable rupture technologique, qui a nécessité un changement des modes de pensée des bureaux d'études et une adaptation des règles de dimensionnement. Ces alliages sont constitués de deux ou trois phases ordonnées en relation d'orientation, dont l'arrangement est particulièrement sensible à la composition chimique et aux conditions de traitement thermomécanique. Les derniers développements dans ce domaine reposent sur l'addition de faibles quantités d'éléments mineurs, tels que le carbone ou le silicium, qui, en solution solide ou sous forme de précipités nanométriques, permettent une augmentation du domaine d'application de ces alliages vers de plus hautes températures.