

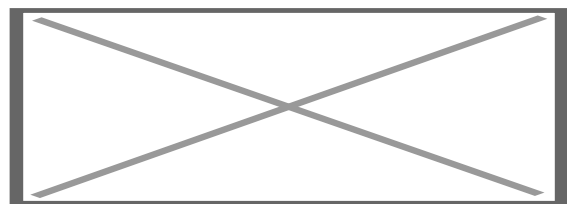
Podcast - Les matériaux innovants au cœur de l'avion du futur



L'histoire commence par un drap de soie tendu entre deux baguettes de bambou. Puis vint le temps des planches de bois tenant d'amples ailes en tissu... Pour enfin laisser place aux carlingues d'aluminium, ouvrant la voie aux alliages métalliques. Dans sa quête d'envol, nous n'avons cessé de faire évoluer les matériaux dont seraient faits les avions qui nous transporteraient dans le ciel. Aujourd'hui, cette histoire technologique se poursuit avec le souci de faire des aéronefs en tous genres, les plus légers et performants possibles, capables de résister aux conditions extrêmes que les puissants moteurs qui les propulsent leur infligent. Comment la science des matériaux innove pour dessiner l'avion du futur ? Nous allons le découvrir dans ce nouvel épisode d'On air, les voix de la recherche aérospatiale, un podcast de l'ONERA en partenariat avec Ciel & Espace.

09 janvier 2026

Les composites : des matériaux déjà en vol, mais pas encore au bout de leur potentiel



ECOUTER LE PODCAST

Les avions modernes, comme l'Airbus A350, intègrent déjà plus de 50 % de matériaux composites dans leur structure. Ces matériaux, composés de fibres de carbone et de résines, permettent de réduire le poids de l'appareil de plusieurs tonnes, tout en améliorant sa résistance. Anne Denquin, directrice scientifique du domaine Matériaux et structures à l'ONERA, souligne : "Les composites ont transformé la conception des avions, en offrant un rapport résistance/poids inégalé. Mais leur potentiel est encore loin d'être épuisé".

Pourtant, leur utilisation soulève des défis, notamment la maîtrise des défauts de fabrication et la compréhension de leur effet sur la tenue mécanique des structures composites. Un enjeu crucial sur lequel insiste Jean-Michel Roche, directeur du Département Matériaux et Structures de l'ONERA : « l'enjeu pour nous est de reproduire ces défauts de façon contrôlée, de développer les nouvelles méthodologies d'inspection adaptées à cette gamme de défauts et d'estimer expérimentalement et numériquement leur nocivité d'un point de vue mécanique ».

L'architecture des matériaux : les supers pouvoirs des structures lattices

Définition d'une structure lattice

Une structure lattice est un matériau architecturé d'origine synthétique ou naturelle. Les structures lattices peuvent être définies comme étant une combinaison d'un matériau et de zones vides, assemblés d'une manière créant des caractéristiques physiques inatteignables par un matériau seul.

Pour aller plus loin dans la quête de légèreté, les chercheurs explorent des structures lattices*. Ces architectures, fabriquées grâce à la fabrication additive (impression 3D), permettent de créer des pièces creuses mais ultra-résistantes. Jean-Michel Roche explique : "La fabrication additive nous permet de concevoir des géométries impossibles à usiner traditionnellement, comme des treillis internes qui allègent les pièces tout en les renforçant." Un exemple concret ? Le projet StarAc, mené par l'ONERA, vise à optimiser ces structures pour les intégrer dans les futures générations d'avions.

L'objectif : réduire encore la masse des appareils, tout en garantissant leur sécurité.

Résister aux très hautes températures des moteurs : le défi des superalliages et des céramiques

Dans le cœur des moteurs, les températures dépassent les 1 700 °C. Pour y résister, les matériaux doivent être à la fois légers et capables de supporter des conditions extrêmes. C'est là que les superalliages monocristallins revêtus d'une barrière thermique et les matériaux à gradients métal/céramique entrent en jeu. L'ONERA a même breveté une technologie de matériaux à gradients fonctionnels (FGM), en collaboration avec le CNES et l'UTBM, combinant les propriétés thermiques des céramiques aux propriétés mécaniques des métaux. Une innovation prometteuse qui pourrait trouver son application dans les futures générations de moteurs de repositionnement des satellites.

La pluridisciplinarité : le secret de l'innovation

Derrière ces avancées, une équipe pluridisciplinaire : chimistes, physiciens, ingénieurs en mécanique et experts en simulation numérique. Anne Denquin rappelle : "L'ONERA a toujours été à l'intersection des disciplines. C'est cette synergie qui nous permet de repousser les limites, de proposer de nouveaux modèles de comportement des matériaux plus physiquement informés, qui permettent d'aller plus loin dans la description du comportement que le modèle de Jean-Louis Chaboche, qui s'est imposé comme une référence mondiale en mécanique des matériaux, en développant des approches multiéchelle et multiphysique, comme par exemple dans le projet MULTIMAS.

Pour tester et valider les modèles, l'ONERA s'appuie sur des plateformes expérimentales uniques, comme Jericho (essais mécaniques sur structures) et Simba (caractérisations multiphysiques) inaugurées au mois de septembre. Jean-Michel Roche souligne : "Le dialogue entre les essais et les modèles numériques est au cœur de notre approche. C'est ce qui nous permet d'anticiper les comportements des matériaux dans des conditions réelles".

Et l'aviation de demain ?

Au-delà de la poursuite des travaux de développement de matériaux plus résistants en température et de structures toujours plus légères, plusieurs évolutions s'annoncent.

Anne Denquin mentionne l'introduction accrue des composites à matrice céramique, voire des composites à matrice céramique ultra haute température qui peuvent supporter des températures au-delà de 2000°C avec des densités très faibles dans les parties chaudes des moteurs, des composites plus recyclables pour les enjeux environnementaux, la fonctionnalisation des structures. Jean-Michel Roche imagine un futur dans lequel « chaque avion aura son jumeau numérique qui permettra d'en individualiser la gestion, notamment du point de vue de la maintenance » et rappelle que les critères de performance évolueront sans doute vers « un compromis entre tenue thermomécanique et propriétés de recyclabilité, réparabilité ou réutilisation ».

À l'ONERA, la révolution est en marche. Et elle promet de nous emmener toujours plus haut, toujours plus loin.