

Branche MAS : les matériaux de l'atome à la structure



Photo: Microscope électronique à balayage CASTAING.

Aéronautique, spatial, défense... les industries pour lesquelles travaille l'ONERA ont besoin de matériaux hors normes, capables de supporter des contraintes très sévères, en termes de température, de pression, ou de chargement. Ces matériaux sont la spécialité de la Branche MAS (Matériaux et Structures), qui possède à son actif le développement de quelques-uns de ces matériaux de compétition, et une expertise dans leur modélisation...

05 février 2015

"Notre grande force tient à ce que nous possédons sur ces matériaux stratégiques une compétence multi-échelle, qui va de celle associée à la microstructure, au niveau des atomes, des réseaux d'atomes ou des grains, jusqu'à la structure elle-même, qui peut faire quelques cms ou dizaines de mètres dans le cas d'une aile d'avion ou d'un fuselage" souligne Esteban Busso, le directeur scientifique de la Branche MAS.

Esteban Busso
Esteban Busso,
directeur de la branche MAS

Or, tous les spécialistes le savent, on ne peut véritablement comprendre le comportement d'un matériau qu'à travers une connaissance de tous ces "étages" : atomique, microscopique, mésoscopique et macroscopique. Au sein de la Branche, cette compétence est répartie au sein de ses quatre départements.

Paroles d'experts

- Jean-François Maire Directeur du département des matériaux et structures composites
- Benoît Devincré Directeur de recherche CNRS au Laboratoire d'étude des microstructures
- Jean-Pierre Grisval et Johann Rannou Respectivement directeur du département DADS et ingénieur de recherche au DMSM
- Alphonse Finel et Serge Kruch Respectivement directeur du LEM et chargé de mission au DMSM

Le LEM, spécialisé dans les études des microstructures des matériaux; DMSM et DMSC, ont une vision plus intermédiaire, entre le "nano" et le "macro" en passant par les échelles « micrométriques » et « mesométriques », de leurs familles respectives de matériaux (métalliques, composites et céramiques).

Le DADS possède une expertise dans le comportement dynamique des structures et dans l'aéroélasticité - la déformation élastique des structures dans un écoulement d'air. Airbus fait régulièrement appel aux services du DADS pour réaliser des tests vibratoires sur les fuselages de ses avions. "Le département possède également une tour de crash dont il existe peu d'exemplaires dans le monde" note Esteban Busso. L'un des grands axes de travail de toutes ces équipes consiste à développer ou à peaufiner la modélisation statique et dynamique de ces matériaux, afin de réduire le recours aux essais physiques, généralement longs et coûteux à réaliser. Ses équipes ont notamment développé une suite de calcul "éléments finis" appelée Zébulon, très modulaire, et capable d'intégrer des lois de comportement variées et extrêmement complexes. Mais il s'agit d'un travail de longue haleine, car ces matériaux sophistiqués ne se laissent pas facilement mettre en équations, notamment lorsqu'ils sont soumis à des sollicitations thermiques, statiques ou dynamiques très rapides comme des impacts. L'une des tendances plus innovantes dans le domaine de la modélisation réside dans une approche multi-physique. En effet, ces modèles sont longtemps restés spécialisés : il y en avait un pour la thermique, un autre pour la diffusion, un autre pour la plasticité, etc. De plus en plus, les équipes de la branche MAS développent des modèles intégrant plusieurs pans de la physique à la fois, une tendance à l'intégration qui s'accélérera dans les prochaines années.

Un autre atout de la branche MAS est qu'elle ne se contente pas d'étudier ou de modéliser les matériaux, elle est capable d'en produire certains elle-même, comme les superalliages ou les alliages intermétalliques à base de titane, grâce à des équipements exceptionnels. Elle est la principale "cliente" de la tour d'atomisation récemment acquise par l'ONERA en coopération avec d'autres organismes académiques, et qui permet de produire les poudres nécessaires pour la fabrication de ces alliages par la voie métallurgie des poudres. "Nos équipes se servent aussi beaucoup des microscopes électroniques à balayage (MEB) et à transmission (MET) et de la diffraction des rayons X, entre autres, qui permettent notamment d'observer en temps réel l'évolution microstructurale d'un matériau et de mesurer son comportement lorsqu'on le soumet à des efforts ou des contraintes " explique Esteban Busso.

Tous ces points forts ont conféré une notoriété internationale à la branche MAS, qui compte bien la renforcer encore. "Dans les prochaines années, nous poursuivrons nos efforts dans trois directions : le développement de matériaux stratégiques à propriétés exceptionnelles, l'accroissement du

"réalisme" des outils de simulation en combinant les approches multi-échelle et multi-physique, et l'optimisation des structures aérospatiale de demain" confie Esteban Busso. Attention, prévient toutefois ce dernier : "la recherche sur les matériaux est une recherche longue - il peut se passer de quinze à vingt ans entre les premiers travaux et la mise en service d'un matériau; il faut donc un effort continu."

Cet article a été réalisé en collaboration avec

Esteban Busso, directeur de la branche MAS

Benoît Devincere, directeur de recherche CNRS au Laboratoire d'étude des microstructures

Alphonse Finel, directeur du LEM

Jean-Pierre Grisval, directeur du DADS

Serge Kruch, chargé de mission au DMSM

Jean-François Maire, directeur du DMS

Johann Rannou, ingénieur ingénieur de recherche au DMSM