

Des chercheurs de l'Université de Technologie de Compiègne développent des matériaux structurés capables de résister à des contraintes extrêmes et de fournir un « bilan de santé » en temps réel, grâce à des capteurs intégrés. Pour les industries aéronautique, spatiale et automobile, ces matériaux « intelligents » et « communicants » signifient moins de carburant, moins de pollution, moins de bruit et plus de sécurité.

À l'université de technologie de Compiègne (UTC), au sein du laboratoire Mécanique, Acoustique et Matériaux, plus connu sous le nom de Laboratoire Roberval, le professeur Zoheir Aboura dirige l'équipe Matériaux et Surfaces. Elle imagine, fabrique, teste et modélise des matériaux très performants répondant aux attentes de l'industrie. Le point focal de ces efforts : faire avancer la compréhension des mécanismes d'endommagement de ces matériaux.

Ces travaux portent notamment sur les matériaux composites, dans lesquels, à la manière du béton armé, des « renforts », généralement fibreux, voire textiles, sont noyés dans une « matrice », qui répartit les efforts. Ces matériaux structurés présentent l'avantage d'être très résistants tout en restant légers. Les composites les plus connus sont constitués de fibres de verre noyées dans une résine polyester ou époxy. Les renforts peuvent encore être des fibres d'aramide, de kevlar, de carbone ou même végétale (lin, chanvre, sisal...). Au lieu des résines thermodurcissables, qui polymérisent sous l'effet d'un catalyseur, on utilise aujourd'hui également des matrices thermoplastiques, telles que le PEEK (polyétheréthercétone) ou le PEKK (polyéthercétonecétone), qui présentent l'avantage d'être recyclables. Pour les pièces soumises à de hautes températures, on préfère les matrices céramiques, notamment en carbure de silicium.





L'équipe de Zoheir Aboura s'est intéressée à toutes sortes de combinaisons, et tout particulièrement aux plus techniques, comme par exemple les « SiC-SiC » : fibres de carbure de silicium dans une matrice de carbure de silicium. Elle a également étudié des composites 100% d'origine végétale, et donc biosourcés, biodégradables et durables.

L'équipe de Zoheir Aboura a largement contribué à l'émergence d'une nouvelle classe de composites, les « matériaux composites à renfort 3D », qui sont obtenus en soit en « cousant » dans la troisième dimension un empilement de couches textiles avant de le noyer dans une matrice, soit en tissant directement des préformes tridimensionnelles. La thèse soutenue par Julien Schneider en 2011 (« Mécanismes d'endommagement dans les composites multicouches à renforts interlock ») a constitué une étape importante dans la maitrise des endommagements de ces matériaux. L'équipe a depuis fait avancer l'état des connaissances, et beaucoup publié, sur ces matériaux répondant à des exigences extrêmes.

Un aspect essentiel de ces travaux porte sur l'instrumentation permettant de mesurer toutes sortes de paramètres caractérisant l'état de ces matériaux. Ces dernières années, l'équipe de Zoheir Aboura s'est fortement impliquée dans une approche très innovante consistant à intégrer dans les matériaux eux-même des composants permettant de prendre leur pouls, d'acquérir des informations sur leur état de santé, pendant leur production et leur utilisation.

Pour rendre ces matériaux « intelligents », capables de faire connaître leur état de santé, les chercheurs ont étudié diverses approches. Ainsi en introduisant des nanoparticules ou des fibres dans leur matrice, ils parviennent à les ausculter par des mesures de résistance ou d'impédance. De même, ils obtiennent des informations sur leur état interne en sondant électriquement les fibres de carbone (dont la résistance électrique varie sous l'effet de contraintes mécaniques) utilisées pour "coudre" les composites à renfort 3D. Mais l'étape la plus radicale a consisté à faire appel à l'utilisation de capteurs intégrés au cœur de la matière. L'équipe de Zoheir Aboura a récemment obtenus des résultats très prometteurs en insérant dans la structure de ces matériaux des capteurs piézoélectriques. Reliés au monde extérieur via un réseau de conducteurs et un connecteur, voire une connexion sans fil, ils permettent de surveiller l'intégrité du composite depuis un équipement ad hoc. La surveillance in-situ de la santé structurelle des matériaux constitue un véritable bond en avant pour la conception de pièces répondant aux cahiers des charges toujours plus exigeants des industries du transport.

Au fil du temps, l'équipe Matériaux et Surfaces s'est donné les moyens de ses ambitions en faisant l'acquisition d'instruments de mesure et d'outils de production sophistiqués, notamment un bras robot six axes doté de têtes pour la couture et la découpe.

L'équipe de Zoheir Aboura entretient des partenariats avec de nombreux industriels intéressés par les retombées de ses recherches. En particulier, le groupe industriel Safran, de longue date le plus assidu, y trouve des réponses aux défis technologiques dictés par les impératifs de l'aéronautique, de l'espace et de la défense.



