

## Nocivité, stabilité et admissibilité des défauts et induits dans les structures composites

*Myriam KAMINSKI et Jean-François MAIRE*

L'objectif de cette activité (2008/2010) est de proposer une méthodologie de détermination des performances résiduelles de structures contenant des défauts. On s'intéresse aux défauts macroscopiques, défauts pouvant modifier significativement les propriétés locales du matériau. On distingue deux types de défauts :

- les défauts initiaux correspondants à des défauts de fabrication (macro-porosité, fort désalignement de fibres en certaines zones de la pièce, délaminages créés lors de la fabrication,...),
- les défauts induits par des impacts basses vitesses (chute d'outils, chocs lors du roulage des avions,...).

Dans un premier temps, nous nous sommes intéressés aux défauts initiaux. Le but était de démontrer que les démarches de prévision de la tenue des structures composites développées dans des actions antérieures étaient capables d'estimer les pertes de performances observées en présence de défauts. Les résultats numériques, obtenus sur des configurations de défauts artificiels (perforation, rainure, insert de téflon) représentatifs des défauts de fabrication, ont montré qu'il était nécessaire de réaliser un recalage systématique pour chaque configuration de défauts, ce qui implique la réalisation de coûteux essais expérimentaux.

Nous en avons conclu que pour s'affranchir de ce recalage systématique, il est nécessaire de développer de nouveaux modèles qui décriront finement la transition endommagement/rupture (ces développements seront réalisés dans le cadre d'une importante action de recherche mise en place à l'ONERA et qui démarrera l'année prochaine).

Nous avons en parallèle proposé une approche complémentaire pour traiter les défauts induits par impact. En effet, l'impact génère un ensemble de défauts complexes où différents mécanismes d'endommagement interviennent. Convaincus qu'il était irréaliste de disposer rapidement d'outils numériques capables de traiter des défauts d'une telle complexité, nous avons proposé une démarche simplifiée.

Dans un premier temps, nous avons défini un défaut simplifié (étape 1), facile à simuler mais suffisamment riche pour décrire l'ensemble des effets d'un impact sur le comportement et la tenue résiduelle. Le défaut simplifié retenu est caractérisé par deux paramètres  $R1$  et  $R2$ , correspondants aux rayons respectivement d'une zone aux modules dégradés et d'une surface circulaire décollée.

Nous avons montré ensuite que nous sommes capables d'estimer par simulation le comportement équivalent (élasticité, module de flexion,...) ainsi que la tenue résiduelle d'une plaque avec ce défaut simplifié (étape 2) en particulier, nous pouvons déterminer les caractéristiques dégradées d'un élément coque équivalent (matrices de rigidité ABD, résistance,...). Pour d'estimer l'effet d'un impact sur la structure réelle, la méthodologie (étape 3) consiste à remplacer la zone affectée par l'impact par un ou des éléments équivalents déterminés dans l'étape précédente, puis de reprendre les calculs initiaux réalisés sur la structure avec certains éléments du maillage ayant les propriétés affectées par le dommage.