

OFFRE

TITRE

Méthodologie de prédiction de la tenue nominale de réparations aéronautiques multimatériaux par collage structural

CONTEXTE

Une réparation structurale consiste généralement à enlever de la matière autour de la zone endommagée (fissure de fatigue, impact, corrosion...) puis à rajouter de la matière saine. Le rajout de matière saine est réalisé par un assemblage. Les méthodes d'assemblage, dites classiques, sont le boulonnage, le collage et l'assemblage hybride (boulonné / collé). La matière saine rajoutée peut être réalisée dans un matériau différent de la matière initiale, menant à la présence d'interfaces multimatériaux (composite, métallique) qu'il s'agit de maîtriser.

Aujourd'hui l'aviation civile n'a pas recours aux réparations collées pour des applications structurales. Pourtant le collage est une technologie d'assemblage qui offre des rapports tenue sur masse significativement plus élevés que la technologie d'assemblage par boulonnage utilisée. Les principaux verrous sont les suivants : (i) le dimensionnement d'un joint collé et (ii) l'assurance que le collage a bien été réalisé [1].

Sur le périmètre des méthodes d'assemblage classiques, les deux problématiques majeures identifiées post réparation concernent la prédiction de :

1. la tenue nominale (statique, fatigue, durabilité).
2. la tenue en environnement sévère (vulnérabilité, impact, crash).

L'objectif commun à ces deux problématiques consiste à définir des méthodologies de prédiction de tenue nominale et à l'épreuve du temps. Afin de prédire une tenue nominale, il est nécessaire d'évaluer un critère calculé à une valeur de conception mesurée. Les formes de critères doivent être définies théoriquement et/ou expérimentalement et peuvent être pondérées par des retours d'expérience en service. Les admissibles sont mesurés expérimentalement en lien avec les critères définis. Pour estimer les critères, il est nécessaire de disposer d'outils de calcul, à partir de données d'entrée. Ces données d'entrée sont les propriétés géométriques, matérielles et les conditions aux limites en termes de déplacements et d'efforts. La méthodologie de prédiction intègre l'ensemble de cette démarche et intègre donc deux volets :

- le comportement mécanique (essais expérimentaux et modélisation du comportement)
- la simulation numérique (modélisation et essais numériques)

PROBLÉMATIQUE ET MÉTHODOLOGIE SCIENTIFIQUES

Afin de concevoir une réparation les ingénieurs des bureaux d'étude ont recours à la simulation numérique. Selon l'objectif attendu de la simulation servant un objectif de conception, des hypothèses de modélisation spécifiques peuvent être prises. Selon ces hypothèses, des méthodes de résolution variées, telles qu'analytiques, semi-analytiques ou numériques avancées incluant différents niveaux de représentation, peuvent être utilisées. Afin de réduire les temps de conception directement dépendant des temps de simulation numérique, il est nécessaire de savoir quel type de résolution est adapté au problème de conception souhaité.

La problématique scientifique de la thèse consiste alors à définir le niveau de modélisation nécessaire pour représenter les mécanismes physiques du comportement mécanique de la réparation, incluant ceux relatifs à la rupture sous ses différents modes.

Afin d'adresser cette problématique, nous analyserons les prédictions du comportement mécanique en faisant varier les hypothèses simplificatrices de manière progressive des plus contraignantes aux

moins contraignantes. Cette analyse sera basée sur la corrélation entre les résultats des essais expérimentaux et numériques.

Une fois l'adéquation entre niveau de simulation et phénomènes physiques comprise, il s'agira de proposer des schémas de résolution permettant de réduire les temps de calcul. Des modélisations simplifiées basée sur un schéma de résolution semi-analytique – technique par macro-élément – ont déjà été développées par les encadrants permettant de représenter diverses configurations géométriques d'assemblage multimatériaux collées et/ou boulonnées [3].

Enfin, bien que les capacités de calcul soient de plus en plus importantes, chercher à réduire les temps de calcul reste toujours un enjeu dans le cadre de calculs statistiques ou d'algorithmes d'optimisation [4]. Ces deux sujets formeront les deux cas d'application des travaux de thèse. La sensibilité des différents paramètres de conception pourra alors être étudiée grâce à des plans d'expérience numériques – à l'aide de modélisations dont le niveau de complexité en fonction du comportement à observer aura été défini précédemment – afin d'évaluer la robustesse de la solution de réparation. De plus, des schémas d'optimisation permettront de proposer des solutions de réparation alternatives.

PROFIL

Master ou ingénieur en génie mécanique, mécanique des structures, mécanique des matériaux

CONTACT

Candidatures à adresser à : frederic.lachaud@isae.fr et eric.paroissien@isae.fr