



Offre de Thèse :

Analyse et Suivi de l'endommagement au sein de liaisons structurales collées des futurs lanceurs réutilisables



Mots Clefs :

Assemblages, Composites, Collage structural, Fissuration, émission acoustique, corrélation d'image, endommagement

Contexte et objectifs :

Les navettes spatiales développées par la NASA ont démontré la faisabilité technique de véhicule spatiaux réutilisables démontrant également la difficulté à maîtriser les coûts d'exploitation associés. Les succès récents de Space X ont ouvert la voie à une exploitation commerciale de ce type de technologies entraînant les autres puissances spatiales à pousser plus avant leurs travaux dans ce domaine. L'Europe a ainsi initié le programme Thémis qui doit permettre de doter les états membres de l'ESA des capacités technologiques pour construire et exploiter ce type de lanceur et évaluer les coûts de possession associés de sorte qu'il a été annoncé en décembre qu'un mini lanceur européen réutilisable sera rendu opérationnel en 2026. Cependant, pour développer et exploiter un tel lanceur de nombreuses pratiques et systèmes doivent être revisités. C'est en particulier le cas dans le domaine des matériaux et structures qui doivent désormais être dimensionnés pour soutenir un plus grand nombre de cycles de chargement, des phases de vie supplémentaires (atterrissage, transport, stockage, ...) et qui doivent être inspectées de façon répétée pour garantir leur intégrité avant chaque vol.

Si le problème du dimensionnement des matériaux et structure pour un nombre de cycles objectif reste récente dans le domaine spatial, elle est récurrente dans d'autres secteurs. Ainsi, le transport aérien, maritime ou encore l'énergie éolienne mettent en place des méthodologies de dimensionnement et des méthodologies de surveillance des structures permettant un maintien en conditions opérationnelles sûres sans pour autant surdimensionner les structures mais impliquant des phases de contrôle et réparations fréquentes. Cette démarche de tolérance aux dommages consiste à décrire l'apparition progressive et le développement d'endommagements avant que ceux-ci ne conduisent à un effondrement de la structure. Elle nécessite également à vérifier l'innocuité de défauts natifs dont l'occurrence est très probable sur des structures de grandes dimensions sauf à engendrer des surcoûts très importants. Pour mettre en œuvre cette démarche globale il est donc nécessaire de disposer d'outils capables de prévoir par le calcul les cinétiques de développement des endommagements et la dimension maximale de ces derniers en fonction de leur localisation sur la structure. De nombreuses stratégies de calcul sont désormais mobilisables pour les structures métalliques, composites ou hybrides et des progrès importants ont été réalisés dans la modélisation et la caractérisation de ces phénomènes d'endommagement. Ces informations permettent dès lors d'établir des périodes et méthodes d'inspection adaptées dans les zones critique où la sensibilité aux défauts est la plus grande. L'ensemble de ces étapes, récupération/contrôle/réparation devant être plus économiques que l'emploi d'un lanceur à utilisation unique. Cependant les zones d'assemblage et interfaces restent des éléments critiques à dimensionner et contrôler tant les incertitudes liées aux caractéristiques exactes de l'assemblage et les matériaux qui le constituent ou encore les chemins d'effort peuvent être nombreuses. La mise en œuvre d'un lanceur réutilisable peut nécessiter la présence d'interfaces et assemblages plus nombreux qui doivent de ce fait être mieux optimisés tant du point de vue de la conception que du contrôle.

Ainsi le travail proposé concerne l'étude de l'endommagement des jonctions structurales, en particulier collées, en vue d'un dimensionnement en fatigue dont précisera le nombre de cycle objectif et la proposition de solution de suivi de l'endommagement sous sollicitations de services. Si les travaux académiques se concentreront dans un premier temps sur des assemblages modèles de pièces principalement métalliques, l'application visée concerne les assemblages mixtes en termes de technologie d'assemblage (cf. boulonnés collés, rivetés collés, ...) ainsi qu'en termes de matériaux composites/sandwich/métal qui présentent une complexité supérieure en termes d'analyse mécanique et compréhension des mécanismes d'endommagement. Des essais sur éprouvettes élémentaires étant conduits pour caractériser les matériaux et interfaces, des essais sur éprouvettes représentatives des liaisons envisagées et chargements complexes seront menés pour évaluer la réponse des assemblages sous cycle de chargement répété. Une métrologie adaptée sera mise en place (stéréocorrélation d'image, extensométrie, ...) pour identifier les conditions d'amorçage et de propagation des endommagements. Des mesures d'émission acoustique seront menées en parallèle pour suivre le développement de l'endommagement et identifier les différents mécanismes impliqués. Les observations expérimentales seront comparées aux résultats de simulations numériques intégrant différents processus d'endommagement. Le recalage de ces essais permettant de mettre en place une démarche d'essais virtuels des configurations d'essai alternative (géométrie, cas de chargement, ...) seront simulées et confrontés à des résultats d'essai effectués dans les mêmes conditions. Enfin, des solutions de

SHM (Structural Health Monitoring) supplémentaires pourront être intégrées aux éprouvettes d'essai envisagées comme moyen d'inspection de ces zones d'assemblage (cf. fibre optique, capteurs piezo-résistif ...). Les essais réalisés sur ces éprouvettes permettront ainsi d'évaluer le caractère invasif de ces éléments additionnels qui peuvent affaiblir la structure, mais également leur capacité à détecter les endommagements produits lors des essais et ainsi justifier de la mise en œuvre de telles méthodes de contrôle intégrées.

Les travaux seront menés à l'institut de recherche Dupuy de Lôme, au sein du pôle thématique de recherche « Assemblages Multimatériaux » sur le site de l'ENSTA Bretagne. Un stage préalable de fin d'étude peut être proposé pour entamer les travaux préalables à l'ENSTA Bretagne.

Les travaux seront financés et suivis par le CNES au sein de la direction des lanceurs

Durée : 36 mois	Lieu : Institut de Recherche Dupuy de Lôme, Brest (29)

Profil du candidat :

Le(la) candidat(e) de niveau Master ou Ingénieur, est issu d'une formation dans le domaine de la mécanique, calcul de structure et / ou matériaux. Il(elle) possède un goût pour l'expérimentation et les essais mécaniques. Des connaissances dans les domaines de la mécanique de la rupture du collage, des matériaux composites sont appréciées.

Contact :

Envoyer CV, lettre de motivation et référence par mail à :

Julien JUMEL : Professeur ENSTA Bretagne – julien.jumel@ensta-bretagne.fr

Malick.Diakhate : Maître de conférences Université Bretagne Occidentale - Malick.Diakhate@univ-brest.fr

Florian LAVELLE : Spécialiste structures lanceurs, CNES, Paris Daumesnil - florian.lavelle@cnes.fr

Les candidatures doivent être adressées également pour examen sur le site du CNES : offre 163

<https://recrutement.cnes.fr/fr/annonce/1498749-163-damage-monitoring-in-reusable-launcher-assembly-29200-brest>