

Développement et qualification d'un système de contrôle santé intégré (SHM) pour la revalidation des lanceurs

MASTROMATTEO Loïc^(1,2)

Directeur de thèse: IRISARRI François-Xavier⁽¹⁾

Encadrants: GAVERINA Ludovic⁽¹⁾, LAVELLE Florian⁽²⁾, ROCHE Jean-Michel⁽¹⁾

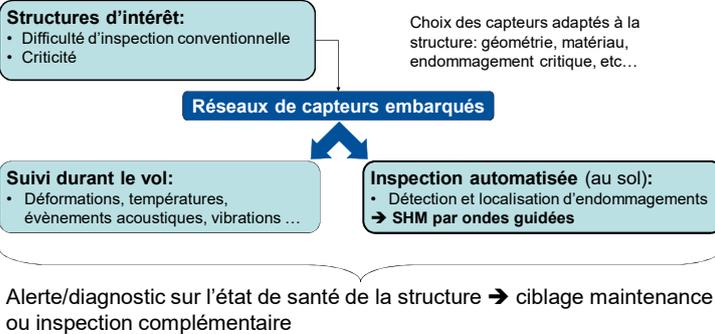
(1) ONERA, DMAS (2) CNES

Contexte



- Développement de **lanceurs réutilisables (RLV)** européens (ex: projet THEMIS)
- Enjeux pour la **revalidation** des lanceurs entre 2 vols:
 - Connaître et valider l'état de santé structurale du lanceur avant un nouveau vol
 - Optimiser les opérations d'inspection et de maintenance
- Une solution explorée par le **CNES** et l'**ONERA**: le Contrôle santé intégré (Structural Health Monitoring, SHM)
 - Instrumentation de structures lanceur par des **réseaux de capteurs embarqués** permettant leur suivi de tout au long de la vie du lanceur (**capteurs piézoélectriques PZT** et **capteurs à Réseau de Bragg FBG**)

Principes d'un système SHM



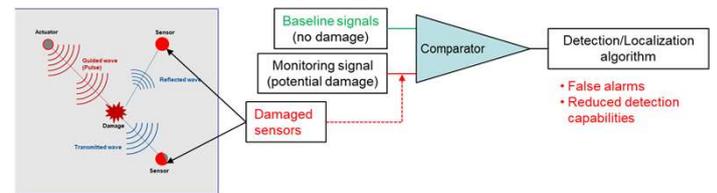
Enjeux

Cycle de vie spécifique RLV

- Faible nombre de vols (≈ 10)
- Vols de courte durée (≈ 5 min)
- Sollicitations thermomécaniques importantes, comparées à d'autres secteurs d'application du SHM (aviation, génie civil)

➔ **Durabilité des capteurs ?** (capteur + couplage structure)

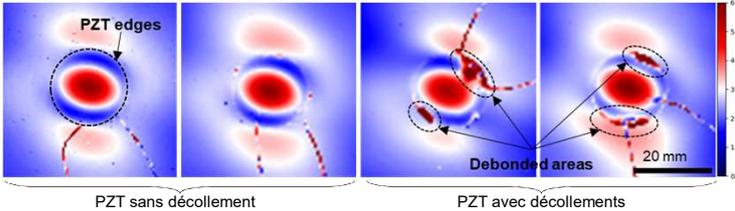
SHM par ondes guidées, en présence de capteurs dégradés



- ➔ Impact de la dégradation des capteurs sur l'émission/réception d'ondes guidées ?
- ➔ Possibilité de diagnostic des capteurs ?

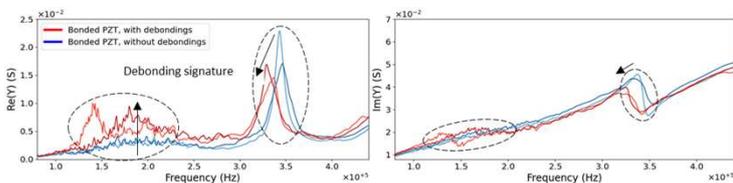
Diagnostic de capteurs PZT collés

Identification et localisation de défauts de collage par vibrométrie laser



➔ Taille et localisation des décollements, mais nécessite un accès direct au capteur

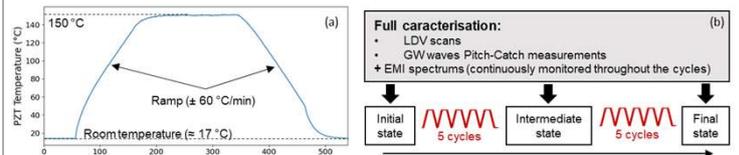
« Auto-diagnostic » par mesure d'admittance électromécanique



Sensible à de nombreux paramètres (décollements, propriétés mécaniques de la colle et de la structure, propriétés piézoélectriques du capteur) → essais expérimentaux combinés à un modèle éléments finis de capteurs PZT collés pour identifier l'impact des différents paramètres.

Essais de cyclage thermique sur capteurs PZT collés

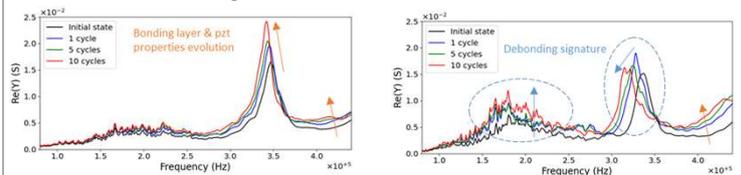
Cycle thermique représentatif du cycle de vie spécifique d'un RLV



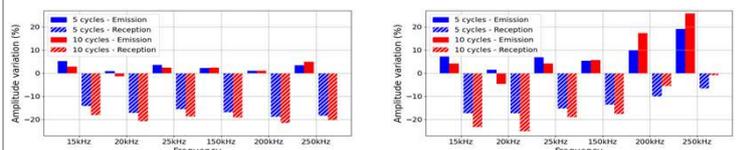
Identification de différents scénarios:

- **Le capteur reste bien collé:** ➔ Évolution des propriétés de la colle et du capteur
- **Le capteur se décolle:** ➔ Impact du décollement en plus de l'évolution des propriétés de la colle et du capteur

« Auto-diagnostics » distincts des deux scénarios



Impact sur l'émission/réception d'ondes guidées, variation d'amplitude par rapport à l'état de référence (avant cyclage)



Évolution significative des performances avec le cyclage thermique, la mesure d'admittance permet le suivi de l'évolution des capteurs.

Essais similaires en cours pour évaluer la tenue de capteurs fibre optique à réseau de Bragg

Conclusions & perspectives

- Impact significatif du cyclage thermique sur les performances des capteurs, **mais** possibilité de diagnostic
- ➔ validation possible des capteurs individuels
- Modélisation numérique: validée sur les résultats expérimentaux
- ➔ exploration numérique possible des nombreux paramètres pouvant impacter les performances des capteurs

Futur travaux:

- Évaluation de la présence de **capteurs dégradés** au sein d'un **système SHM**: taux de **fausses alertes**, **déteçtabilité** des endommagements ➔ **diagnostic du système** à partir du diagnostic des capteurs individuels
- Comportement des **capteurs FBG** sous cyclage thermique: possibilités de diagnostic et capacités de réception d'ondes