

Stage de M2 en mathématiques appliquées

Optimisation de forme en mécanique du contact Application à la régulation thermique d'équipements de satellite

Enjeux technologiques. L'envoi d'un satellite dans l'espace pose plusieurs challenges dus aux conditions extrêmes auxquelles ce dernier est exposé. Par exemple, les fortes variations de température dues aux changements de conditions d'exposition par rapport au Soleil et à la chaleur dégagée par les composants du satellite doivent être atténuées au maximum. Pour réaliser cela, l'extérieur du satellite est recouvert de cellules réfléchissantes ayant une faible absorption solaire et une forte émissivité dans l'infrarouge, bande spectrale correspondant à la plage de température nominale à laquelle la dissipation thermique est nécessaire.

Par ailleurs, le satellite étant dans le vide, aucune convection n'est possible et la dissipation de la chaleur dégagée par sa charge utile vers l'extérieur ne peut être réalisée que par rayonnement, via un couplage thermo-mécanique entre la paroi composite du satellite et les éléments rayonnants. Ce couplage est réalisé au moyen d'une plaque d'aluminium (baseplate) sur laquelle sont placés les composants électriques. Celle-ci est fixée sur la paroi composite du satellite au moyen de vis et d'un joint thermique élastique afin de garantir le contact (voir Figure 1).

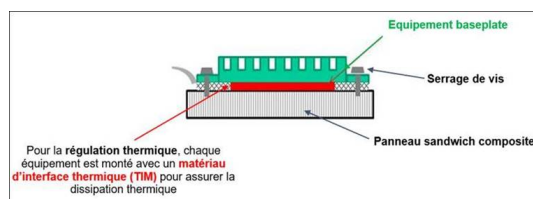


FIGURE 1. Schéma du montage mécanique permettant de réaliser le couplage thermique.

Plusieurs difficultés sont rencontrées pour réaliser ce couplage. En effet, le joint thermique doit être appliqué de manière homogène afin de garantir le contact entre la plaque et la paroi, et le contact mécanique doit être maintenu lors du serrage des vis ainsi que lors de la montée en température de la plaque, afin d'assurer une dissipation thermique efficace. La ligne directrice du travail proposé est de lever ces verrous par ordre croissant de difficulté. Dans un premier temps l'attention portera sur l'optimisation de la forme de la plaque, ainsi que de la position et du nombre des vis, dans le but d'uniformiser le champ de pression lors du serrage (voir Figure 2). Dans un second temps, le couplage

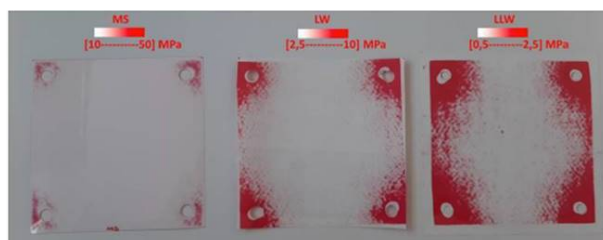


FIGURE 2. Mesure du champ de pression après serrage des vis de fixation.

thermo-mécanique sera étudié afin de prendre en compte la montée en température de la plaque, qui devra toujours rester en contact avec la paroi (voir Figure 3). Les propriétés de viscosité du joint thermique, garantissant le maintien du contact, pourront également être ajoutées au modèle, qui devra alors être dynamique.

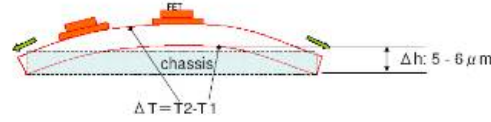


FIGURE 3. Déformation sous chargement thermique.

Enjeux académiques. En régime stationnaire, le système étudié sera principalement décrit par les équations de la thermoélasticité linéaire enrichies d'un modèle mécanique du contact. L'optimisation de la forme de la plaque s'appuiera sur la dérivée de forme [1], notion assez largement étudiée ces dernières années mais dont l'application à des problèmes de contact est récente, voir [3]. La spécificité du problème, qui met notamment en jeu deux phases déformables, nécessitera des développements mathématiques et numériques de type recherche. L'optimisation de la position des vis sera de nature paramétrique, mais on pourra faire varier leur nombre en utilisant la dérivée topologique, en s'inspirant de [4], ce qui impliquera là aussi un travail d'analyse mathématique. À terme, la prise en compte des différents points de fonctionnement fera intervenir des techniques d'optimisation robuste (voir e.g. [2]), qu'il faudra adapter au problème.

Modalités pratiques et profil. Le stage, d'environ 5 mois à discuter, se déroulera au Laboratoire de Mathématiques d'Avignon (Avignon Université). Il sera encadré localement par Samuel Amstutz et à distance par Valentin Calisti (FEMTO-ST, Besançon) et Audric Drogoul (Thales Alenia Space, Cannes).

Le profil recherché est celui d'un étudiant en M2 de mathématiques appliquées, pouvant justifier de compétences sérieuses en analyse théorique et numérique des équations aux dérivées partielles. Des connaissances en mécanique des solides ainsi qu'en programmation seront considérées très favorablement.

En fonction des résultats obtenus et de l'obtention d'un financement, le stage pourrait se poursuivre par une thèse.

Merci d'adresser toute prise de contact à samuel.amstutz@univ-avignon.fr et/ou audric.drogoul@thalesaleniaspace.com.

RÉFÉRENCES

- [1] G. Allaire. *Conception optimale de structures*. Springer (2007)
- [2] S. Amstutz, M. Ciligot-Travain. *A notion of compliance robustness in topology optimization*. ESAIM :COCV (2016)
- [3] A. Jacob de Cordemoy. *Analyse de sensibilité et optimisation pour des problèmes de contact*. Thèse de doctorat, U. Pau, 2023.
- [4] L.A. Rakotondrainibe. *Optimisation topologique des liaisons dans les systèmes mécaniques*. Thèse de doctorat, Ecole polytechnique, 2020.