

## Offre de thèse 2024

# Modélisation de l'endommagement d'adhésifs à fort allongement : effet du confinement et du mode de chargement

### Contexte :



Figure 1. Application mastic

Dans le monde de la construction et de la rénovation des bâtiments, le collage est une méthode à la fois universelle car appliquée à une grande diversité de matériaux et structures, et à la fois complexe car elle met en jeu chimie des polymères, propriétés des interfaces et mécanique de la rupture. Les adhésifs ou mastics utilisés dans la construction présentent en effet une grande diversité de chimies et de formulations : silicones, acryliques, polyuréthanes, polymères hybrides. Les substrats à coller peuvent être en métal, en ciment, en céramique, en bois. Le comportement mécanique de ces mastics et adhésifs diffèrent fortement de ceux généralement utilisés pour la réalisation d'assemblages structuraux pour lesquels est demandé une grande reproductibilité de comportement une rigidité et une résistance mécanique importante. En effet, silicone, polyuréthane etc ... sont des matériaux présentant un fort allongement à rupture, un comportement fortement non linéaire mais comme nombre d'élastomère se révèlent

généralement incompressibles. Dans leur domaine d'application spécifique, ils présentent de nombreux avantages, notamment une tolérance aux sollicitations de pelage importante, la possibilité de combler des jeux importants, une sensibilité moindre à la qualité de la préparation de surface. Ces propriétés intéressantes ouvrent la voie à des applications plus exigeantes tel que le collage de vitrage de bardage ou encore le nautisme et qui nécessite une plus grande robustesse des assemblages. Le présent projet a donc pour objet de mettre en place les outils d'analyse et de modélisation nécessaires à la compréhension des mécanismes de décohésion des assemblages obtenus au moyen d'adhésifs à fort allongement et déposés en forte épaisseur.

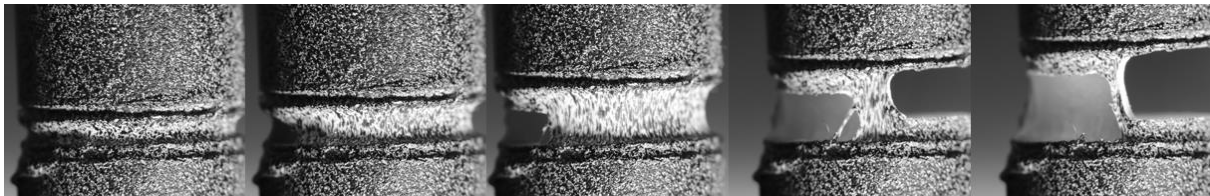


Figure 2. Rupture d'un assemblage collé bout à bout

### Objectifs de la mission / problématique scientifiques :

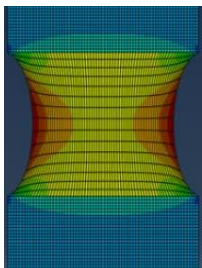


Figure 3. Simulation rupture collage bout à bout

Si de nombreux travaux sont réalisés dans le domaine de la caractérisation et la modélisation du comportement mécanique de matériaux à fort allongement, peu d'études s'intéressent spécifiquement à leur rupture lorsque utilisés sous forme de joint collé et situation de confinement. En particulier un enjeu important de ce travail consistera à introduire une loi d'endommagement associé au changement de volume d'un matériau hyperélastique dans un cadre adapté aux grandes transformations que subi le milieu. Pour parvenir à une description de la ruine d'assemblage, les travaux suivants seront conduits :

- Caractérisation mécanique d'adhésif sous forme massique : des essais de complexité croissante seront mis en œuvre pour capturer la réponse mécanique de l'adhésif sous sollicitation multiaxiale (traction simple, essai bulle, essai bout à bout, cisaillement simple, fissuration ...) de façon à identifier les typologies de comportement à intégrer aux modélisations ultérieures (hyperélasticité, plasticité, viscosité, endommagement). On s'intéressera en particulier à l'influence du confinement hydrostatique et donc au caractère incompressible du matériau.
- Proposition d'un modèle de comportement : Un modèle de comportement d'adhésif à fort allongement construit dans un cadre thermodynamique rigoureux sera proposé pour reproduire par simulation les résultats d'essai.
- Comportement et modélisation des assemblages : Des assemblages représentatifs des applications industrielles seront réalisés et testés mécaniquement en utilisant une instrumentation adéquate (corrélation d'image, émission acoustique, ...) pour observer les endommagements en présence de fort gradient de déformation. Des simulations numériques de la réponse de l'assemblage seront réalisés intégrant le modèle comportement proposé pour l'adhésif mais également l'influence de la qualité de l'adhésion pour évaluer dans quelle mesure la qualité de l'adhésion ou le comportement de l'adhésif pilote le comportement à rupture de l'assemblage.

## Environnement scientifique :

Le projet est à l'initiative de Saint Gobain Research Paris – Aubervilliers. Ce centre de recherche à vocation transversale développe les compétences et technologie clefs pour le groupe notamment dans le domaine de la matière molle. Au travers de ses programmes de R&D Saint Gobain Research Paris (SGR Paris) développe des solutions fiables et performantes qui améliorent l'habitat et la vie quotidienne. Le lien technique avec Saint-Gobain Research Paris sera régulier et assuré en majorité en distanciel. Des séjours ponctuels seront programmés pour échanger et transférer les résultats des travaux aux équipes de SGR Paris et utiliser pour des besoins spécifiques des plateformes expérimentales.

Les travaux seront conduits à l'Institut de Recherche Dupuy de Lôme (IRDL – UMR CNRS 6027) sur le site de l'ENSTA Bretagne / Brest. L'IRDL conduit une activité de recherche pointue tant dans le domaine de la caractérisation et la modélisation des adhésifs et assemblages collés que dans le domaine de la durabilité des élastomères et matériaux hyperélastiques. Outre le suivi par les équipes de SGR, la personne recrutée pour ces travaux bénéficiera de l'encadrement de trois enseignants chercheurs de IRDL sollicités pour leurs différents domaines d'expertise (modélisation, collage, caractérisation ...). Pour ces travaux, la personne en charge du projet bénéficiera d'un accès à la plateforme d'essai MASMECA et des moyens d'analyse du laboratoire (DMA, DSC, microscopie, tomographie ...).

## Profil recherché

Le profil recherché est de type M2 orienté recherche (Bac +5) ou dernière année de cycle d'ingénieur. De solides compétences en sciences des matériaux, mécanique des solides, rhéologie et modélisation du comportement mécanique sont attendues. Des notions pratiques de simulation numérique par éléments finis sont un plus de même que des compétences et une appétence pour l'expérimentation mécanique.

**Démarrage** : Septembre 2024

**Thèse**: Convention CIFRE Saint Gobain Research / IRDL

**Localisation** : Institut de Recherche Dupuy de Lôme – Brest (29), France

### Contact:

- [marie.savonnet@saint-gobain.com](mailto:marie.savonnet@saint-gobain.com) Saint Gobain Research Paris
- [julien.jumel@ensta-bretagne.fr](mailto:julien.jumel@ensta-bretagne.fr) IRDL / ENSTA Bretagne



### À propos de Saint-Gobain

Saint-Gobain conçoit, produit et distribue des matériaux et des solutions au service des marchés de la construction, de la mobilité, de la santé et autres applications industrielles.

Développés dans une dynamique d'innovation permanente, ils se trouvent partout dans notre habitat et notre vie quotidienne, apportant confort, performance et sécurité, tout en relevant les défis de la construction durable, de la gestion efficace des ressources et de la lutte contre le changement climatique. Cette stratégie de développement responsable est guidée par la raison d'être de Saint-Gobain « MAKING THE WORLD A BETTER HOME », qui

répond à l'ambition partagée de l'ensemble des collaborateurs du Groupe d'agir chaque jour pour faire du monde une maison commune plus belle et plus durable. 44,2 milliards d'euros de chiffre d'affaires en 2021.

Plus de 166 000 collaborateurs, présents dans 75 pays. Engagé à atteindre la Neutralité Carbone à 2050 : [www.saint-gobain.com](http://www.saint-gobain.com)

Saint-Gobain Research Paris est l'un des 8 grands centres de recherche de Saint-Gobain : [www.sgr-paris.saint-gobain.com](http://www.sgr-paris.saint-gobain.com)