

# Modélisation numérique du revêtement d'isolation thermique de canalisations sous-marines

**T. Hourdou<sup>a\*</sup>, S. Blassiau<sup>b</sup>, C. Ovalle<sup>a</sup>, A. Thionnet<sup>a,c</sup>, L. Laiarinandrasana<sup>a</sup>**

a. Centre des Matériaux, Mines Paristech, CNRS UMR 7633, BP 87, 91003 Evry cedex, France

b. SAIPEM S.A., 7 Avenue de San Fernando, 78180 Montigny-le-Bretonneux, France

c. Université de Bourgogne, Mirande, Dpt. IEM, BP 47870, 21078 Dijon, France

[\\*theophile.hourdou@mines-paristech.fr](mailto:theophile.hourdou@mines-paristech.fr)

**MOTS CLÉS :** Polymères, Thermomécanique, Méthode Éléments-finis, Endommagement

## RÉSUMÉ

### 1. Introduction :

Une des activités de la société SAIPEM consiste à l'installation de réseaux de conduites sous-marines. Ces conduites en acier nécessitent d'être isolées thermiquement afin de préserver les conditions optimales requises pour le transport du fluide de production. Dans le cadre de cette étude, l'isolation thermique est réalisée par un revêtement polymérique multi-matériaux sur la paroi externe de la conduite qui est en contact direct avec le milieu marin.

SAIPEM souhaite développer une technique de dépose de canalisations sous-marines. Les conduites sont, dans ce cas, soumises à des sollicitations qui peuvent fragiliser notamment le revêtement isolant qui les recouvre. La difficulté majeure pour cette méthode d'installation est la prédiction du comportement de l'ensemble conduite acier / isolant thermique principalement au niveau des raccords suivant les conditions d'enroulement.

L'objectif de ce travail est d'étudier le point raccordement des conduites et plus particulièrement les matériaux isolants afin de modéliser au sens le plus large l'ensemble du processus de pose de la canalisation. L'analyse des champs mécaniques issus de la modélisation permet de mettre en évidence les zones susceptibles d'amorcer des phénomènes d'endommagement au cours de la mise en place de la conduite.

### 2. Méthode :

Le point de raccordement est constitué du tube en acier revêtu par plusieurs matériaux polymériques, en particulier du polypropylène et de la mousse syntactique de polypropylène. Ces polymères présentent des déformations visqueuses non-négligeables, ils ont été modélisés dans un premier temps par un comportement elasto-viscoplastique avec critère de von Mises, écoulement visco-plastique de Norton et écrouissage cinématique non-linéaire. L'acier, pour sa part, a été considéré comme elasto-plastique avec le même critère et le même écrouissage. Ces modèles ont été calibrés à partir de données issues de la littérature à différentes vitesses et différentes températures pour chaque matériau [1, 2, 3].

Une étude numérique préliminaire par simulation d'un chargement représentatif de cette technique de dépose a été effectuée par Méthode Éléments Finis pour permettre d'identifier les zones les plus sollicitées dans le revêtement multi-matériaux. Une partie de conduite comprenant la zone de raccordement a été maillée en respectant la géométrie du revêtement dans cette zone. Une flexion progressive de la structure a été simulée jusqu'à accollement autour d'une bobine de maintien. Elle a été maintenue enroulée durant une durée significative et enfin déroulée et redressée [1, 2].

### 3. Résultats et discussions :

Les simulations effectuées montrent que les revêtements subissent un cycle à déformation imposée qui va générer des gradients de contraintes et déformations dans la structure. Cela entraîne des états de contraintes multi-axiales dans des zones singulières, principalement dû à la géométrie de la structure. Les composantes de contraintes et déformations élastiques, plastiques et visqueuses ont donc pu être extraites aux points d'intégration les plus sollicités dans chaque matériau, pour les différentes dimensions de structure ainsi que les différentes vitesses et températures de sollicitation. Il a été constaté que la viscosité entraînait une relaxation et une redistribution des contraintes durant le temps de maintien de la structure.

### 4. Conclusions et perspectives :

Cette étude a alors pu démontrer que les zones singulières étaient les mêmes qu'expérimentalement observé dans la littérature. Des premières tendances de niveaux de déformations ont donc pu être évalués.

Une base de données riche et fiable sera constituée pour modéliser plus finement les comportements mécaniques de ces matériaux. On observera à travers ces modèles les mécanismes d'endommagement généralement rencontrés. Cet endommagement étant représenté par la porosité [4], son évolution sera modélisée avec un critère de déformation volumique irréversible prenant en compte la pression hydrostatique [5]. L'utilisation du formalisme FE<sup>2</sup> permettra également de modéliser l'évolution des variables mécaniques homogénéisées en considérant l'évolution de la microstructure à l'échelle mésoscopique [6].

## **RÉFÉRENCES**

- [1] Crome, T. (1999). Reeling of Pipelines with Thick Insulation Coating, Finite-Element Analysis of Local Buckling. 3. 10.4043/10715-MS.
- [2] Grytten, F. & Delhaye, V & Olafsen, K & Sjøhøderup, T. (2014). Numerical modeling of low temperature reeling of pipes. Proceedings of the International Offshore and Polar Engineering Conference. 261-270.
- [3] Laiarinandrasana, L & Besson, J. & Lafarge, M. & Hochstetter, G. (2009). Temperature dependent mechanical behaviour of PVDF: Experiments and numerical modelling. International Journal of Plasticity. 25. 1301-1324.
- [4] Laiarinandrasana, L & Selles, N. & Klinkova, O. & Morgeneyer, T & Proudhon, H. & Helfen, L. (2016). Structural versus microstructural evolution of semi-crystalline polymers during necking under tension: Influence of the skin-core effects, the relative humidity and the strain rate. Polymer Testing. 55.
- [5] Boisot, G. & Laiarinandrasana, L & Besson, J. & Fond, C. & Hochstetter, G. (2011). Experimental investigations and modeling of volume change induced by void growth in polyamide 11. International Journal of Solids and Structures – 48. 2642-2654.
- [6] Blassiau, S. & Bunsell, A.R & Thionnet, A. (2007). Damage accumulation processes and life prediction in unidirectional composites. Proceedings of the Royal Society. Volume 463, issue 2080.