

## Formation Spécialisée MASTERE DMS Design des Matériaux et des Structures

### OFFRE DE SUJET MASTERE DMS 2021/2022

#### Encadrement

---

Lucien Laiarinandrasana, Farida Azzouz (CDM – Mines Paris), Carol Tavel-Condat et Tomasz Tkaczy (TechnipFMC)

#### Titre

---

**Etude numérique et expérimentale de la nocivité d'un point triple (acier/liner/soudure) de pipelines sous-marins sous l'effet d'un chargement thermo-mécanique complexe**

#### Contexte

---

Pour les besoins du transport sous-marin des produits pétroliers, TechnipFMC fabrique et installe des conduites rigides dans de nombreuses régions du monde à des profondeurs d'eau qui peuvent être très importantes. Selon l'utilisation et la nature du produit transporté, le matériau de la canalisation rigide est un acier inoxydable ou un acier à carbone avec ajout de plusieurs couches sur la paroi interne qui sont mises en œuvre par procédé métallurgique ou mécanique.

Dans le cas du transport sous-marin de fluides corrosifs, les canalisations rigides à revêtement mécanique (Mechanically lined pipe (MLP)), constituées d'une fine couche (généralement 3,0 mm d'épaisseur) d'alliage résistant à la corrosion (liner) et maintenue à l'intérieur d'un tube en acier au carbone par ajustement serré, est une alternative rentable, sur le plan économique, aux pipelines à revêtement métallurgique et opération de laminage à chaud, ainsi que pour le cas de pipelines en acier inoxydable.

Pour assurer une parfaite adhésion de la structure MLP entre le liner et l'acier à carbone, une opération complémentaire est réalisée à l'extrémité du tube. Elle consiste à déposer par recouvrement un matériau avec une excellente résistance à la corrosion. L'alliage 625 (alliage nickel-chrome-molybdène-niobium) est un des meilleurs candidats permettant une combinaison métallurgique facile à mettre en œuvre et économique de l'extrémité de la structure MLP en lui conférant une meilleure résistance.

Il existe alors un point triple qui consiste en la jonction de ces trois métaux (acier du tube/liner en acier inoxydable/soudure en alliage 625). Au niveau de ce point triple, des fissures peuvent se former à partir de défauts de fabrication et se développer pendant l'installation ou en service. C'est à dire lorsque la structure est soumise à un chargement thermo-mécanique complexe.

#### Objectif et travail proposé

---

Une étude de la nocivité du point triple, selon les données géométriques sur les matériaux constitutifs, tout au long du cycle de vie de la structure est envisagée dans le cadre de ce projet.

L'étude est composée de deux parties : numérique et expérimentale.

Concernant la partie numérique, des calculs par éléments finis de la structure MLP contenant un défaut (fissure) au niveau du point triple seront réalisés. Les conditions aux limites, le chargement et les lois de comportement des matériaux constitutifs seront fournis par TechnipFMC.

A l'étude de la nocivité du point triple à partir de critères utilisés par TechnipFMC basés sur l'approche globale de la mécanique de la rupture s'ajoutera un autre objectif visé par cette partie numérique. Il s'agit pour TechnipFMC d'optimiser le temps nécessaire pour entreprendre ces analyses EF par une automatisation des différentes étapes du calcul. Cela passera tout d'abord par l'optimisation de l'étape liée au maillage. Une étude paramétrique basée sur des données géométriques fournies par TechnipFMC sera menée afin d'analyser différentes configurations de géométries autour du point triple. Le travail consistera dans un premier temps à mettre en place des maillages paramétrés dans un langage facile à interfacer avec le code EF qui servira à la réalisation des calculs. L'automatisation pourrait être généralisée aux étapes de soumission des calculs et l'extraction des résultats.

A l'issue de cette première partie, il sera alors choisi une géométrie particulière pour vérifier expérimentalement les résultats issus de cette analyse numérique préalable. Pour cela, des éprouvettes dédiées seront prélevées dans le tube. Elles seront pré-déformées et conditionnées selon un protocole spécifique visant à reproduire les contraintes de services. Des essais de traction monotone sur ces éprouvettes pré-fissurées seront menées pour en déterminer la charge limite et pour suivre l'évolution de l'ouverture d'entaille en fonction du ligament restant. Enfin, des fractographies MEB seront systématiquement effectuées afin d'analyser les mécanismes de rupture.

### **Profil demandé**

---

Ingénieur et/ou Master recherche - Bon niveau de culture générale et scientifique.. Projet professionnel cohérent.

L'étudiant-e devra mettre à profit une grande variété de connaissances allant des caractérisations à l'échelle macroscopique (propriétés mécaniques) aux calculs de structures par simulation numérique.

Le sujet convient à un candidat ayant un profil mécanique des matériaux et des structures et qui souhaite mettre en œuvre ces connaissances dans des calculs de structures, analyse numérique et programmation (Python), essais mécaniques et analyses microscopiques.