

Simulation numérique du comportement non linéaire d'une tuyauterie soumise à un chargement hydrodynamique résultant d'une rupture

Youri PASCAL-ABDELLAOUI, VA Génie Civil

Direction Technique d'EDF sous la tutelle de Damijan MARKOVIC

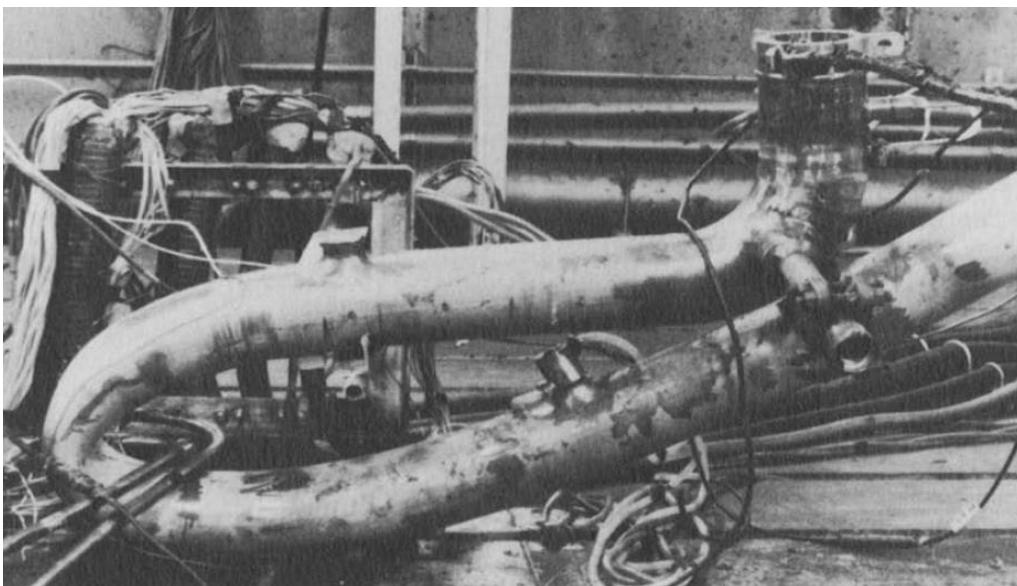
Le phénomène de fouettement est une des conséquences directes de la rupture accidentelle d'une tuyauterie haute énergie (RTHE), il fait partie des cas de chargement pris en compte dans le cadre de dossiers d'agressions internes des centrales de production. Le fouettement peut avoir une forte incidence sur la sûreté des installations industrielles puisqu'il génère de grands déplacements de la tuyauterie sectionnée qui pourrait, en fonction de l'encombrement, impacter et endommager les structures et composants avoisinants. S'agissant de phénomènes physiques complexes, la caractérisation de la rupture de la tuyauterie et du fouettement associé est fondée actuellement sur des approches simplifiées reposant sur des hypothèses fortement conservatives. Ces hypothèses engendrent dans certains cas des difficultés à justifier l'atteinte des critères de sûreté, pouvant conduire à des modifications coûteuses sur les installations.

De façon à répondre à ces forts enjeux, EDF propose dans un projet de recherche un travail d'amélioration des outils et méthodes actuellement disponibles pour la simulation du phénomène de fouettement afin de rendre plus réaliste la modélisation des phénomènes physiques prépondérants et en particulier leur couplage. L'objectif est ainsi de quantifier les déplacements de la tuyauterie rompue ainsi que l'impact de celle-ci sur les structures et sur les matériels impliquant une perte potentielle d'intégrité ou d'opérabilité. Pour cela, il est nécessaire de prendre en compte dans la modélisation un grand nombre de phénomènes. Il s'agit, en particulier, de modéliser les événements suivants : la rupture de la tuyauterie, la force du jet initié à la brèche, le déplacement de la tuyauterie sectionnée et l'impact de celle-ci avec les structures avoisinantes.

De nombreuses études ont été réalisées en modélisation tridimensionnelle [13][14], laquelle s'avère coûteuse en temps de calcul et de simulation. Il est donc souhaité de modéliser de façon simplifiée la dynamique de la tuyauterie rompue afin de permettre une évaluation rapide des conditions de sûreté.

L'objectif final de ce travail de recherche est donc de proposer une modélisation simplifiée, basée sur une représentation filaire des phénomènes de fouettement, permettant la réalisation d'études dans un contexte industriel.

L'objectif de mon stage est de pouvoir créer et valider une modélisation numérique, en se basant sur des formules théoriques ayant été validé par des essais expérimentaux. Il fait partie d'un objectif plus global de développer une méthodologie complète de simulation du fouettement, en tenant compte des phénomènes de l'IFS (Interaction Fluide-Structure).



Essai de Fouettement (S.UEDA, 1983, Moment-Rotation Relationship considering flattening of pipe due to pipe whip loading)

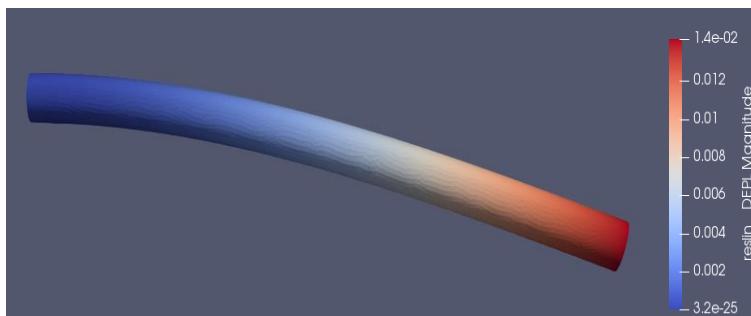
Dans ce rapport on a pu voir qu'il y avait une multitude de phénomènes physiques à prendre en considération pour caractériser le fouettement d'une tuyauterie. Parmi eux il a semblé pertinent de focaliser notre attention sur l'ovalisation de la section au niveau de la rotule plastique et donc regarder plus précisément les moments obtenus. Ces moments nous permettent ainsi de déterminer la localisation de la rotule plastique.

Les modèles numériques créés dans cette étude ont été validés par des essais expérimentaux, notamment par des critères sur les moments et sur les rotations. L'étude s'est portée très fortement sur le cas le plus pénalisant : la rupture guillotine doublement débattue. Une analyse sur la rupture longitudinale a aussi été menée.

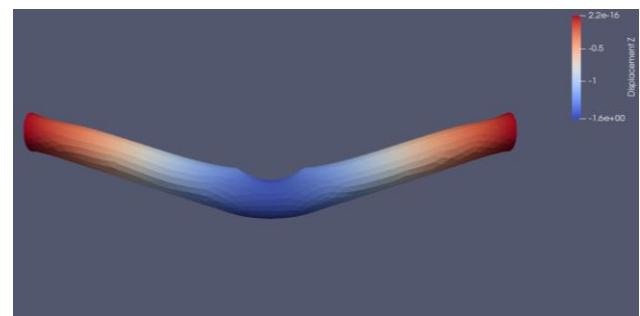
La bonne performance des modèles calibrés à l'aide des méthodes analytiques validées est à consolider en comparaison avec d'autres essais.

Pour aller plus loin il serait intéressant d'analyser la localisation d'une rotule plastique pour des géométries plus complexes ainsi que les zones de mouvement de fouettement correspondantes.

EDF va lancer une thèse en simulation numérique sur le fouettement de tuyauterie permettant d'approfondir davantage le sujet de ce stage. L'objectif final de ce travail de recherche est de proposer une modélisation complètement filaire des phénomènes de fouettement et d'impact de tuyauterie de façon à obtenir l'économie numérique nécessaire à la mise en place d'une méthodologie d'études utilisable dans un contexte industriel mettant en jeu un grand nombre de tuyauteries sous des conditions diverses d'environnement. Cette modélisation sera introduite dans une formulation filaire couplée, basée sur une résolution de type Volumes-Finis pour la dynamique des fluides couplée à une résolution de type Eléments Finis pour la dynamique de la structure. Les développements associés seront intégrés dans le code de dynamique rapide Europlexus.



Déplacement selon Z tuyauterie Cantilever rupture guillotine



Rupture Longitudinale