

Simulation numérique du formage et du comportement en fatigue d'un soufflet d'étanchéité

Les soufflets métalliques sont des composants qui assurent l'étanchéité entre les chapeaux des robinets et la tige de commande (1). La qualification de ces composants repose actuellement sur des essais sur banc. EDF envisage d'en étendre l'emploi et recherche une méthode de qualification alternative acceptable par les Autorités de Sécurité.

Il est difficile de construire des modèles

simplifiés décrivant correctement le comportement complexe de ces composants. Par ailleurs, les puissances de calcul disponibles actuellement et les précisions attendues permettent d'élaborer des modèles prenant en compte la complexité des comportements.

On s'oriente donc vers une méthode type "essai numérique". On simulera, à partir d'une géométrie non simplifiée,

les étapes de la vie d'un soufflet (formage et cyclage) jusqu'à obtenir l'histoire des contraintes qui permettront d'estimer sa durée de vie.

L'analyse du comportement en fatigue d'un soufflet nécessite donc la connaissance de son état de contraintes résiduelles à l'issue de son formage. En effet, le soufflet est élaboré à partir d'un tube de tôle mince dont la mise en forme conduit à des contraintes

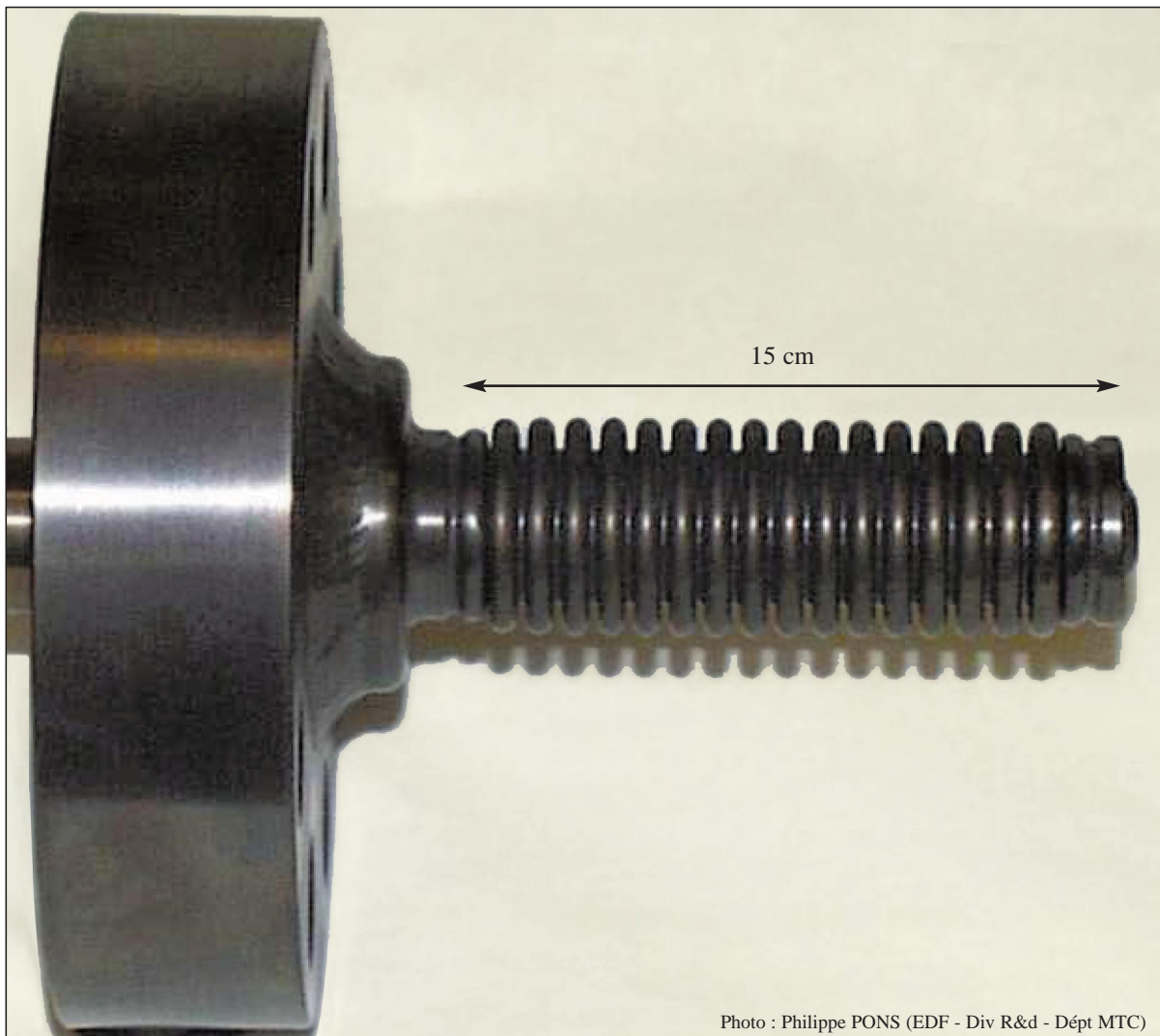


Photo : Philippe PONS (EDF - Div R&d - Dépt MTC)

1 Soufflet assurant l'étanchéité entre chapeaux de robinets et tige de commande

Simulation numérique du formage et du comportement en fatigue d'un soufflet d'étanchéité (suite)

résiduelles importantes (de l'ordre de 500 MPa). Pour cela la modélisation comporte deux étapes : simulation du formage et simulation du cyclage (comportement du soufflet monté sur le robinet).

Les soufflets intéressant l'industrie nucléaire sont à parois multiples. Mais, afin de réduire la complexité de mise au point, il a été décidé de travailler dans un premier temps avec des soufflets à une seule paroi. Il existe plusieurs modes d'élaboration des soufflets :

- l'hydroformage, qui consiste à injecter un fluide sous pression à l'intérieur d'un tube mince soudé enserré dans une forme circulaire appelée peigne à l'intérieur de laquelle la tôle se déforme en accordéon. C'est ce mode d'élaboration qui a été étudié avec le *Code_Aster*.

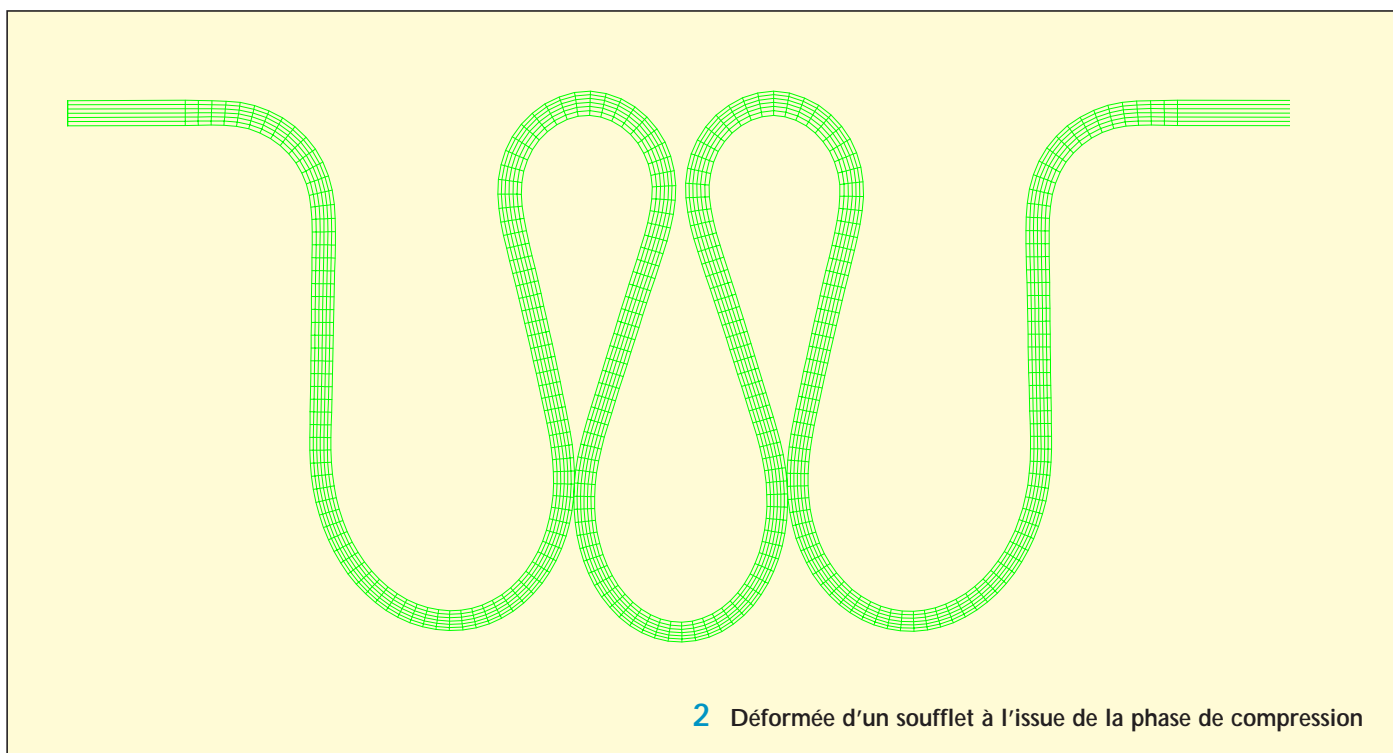
- le moletage par lequel le métal est repoussé à l'aide de molettes. Ce procédé est également en cours d'étude.

Chaque phase d'élaboration est simulée numériquement et, à l'issue de cette simulation, on compare les contraintes calculées avec celles mesurées par rayons X sur des soufflets réalisés à cet effet.

La modélisation du formage consiste à reproduire la déformation du tube sous l'effet de la rampe de pression par une loi d'écroutissage isotrope. Le modèle est 2D axisymétrique. Des éléments finis de contact sans frottement reproduisent le glissement relatif de la tôle dans son guide, et la non interpénétration des mailles lors de la phase de compression (2).

La comparaison entre les valeurs de contraintes calculées et les valeurs mesurées conduit à des écarts de 10 à 15 %. Il reste désormais à estimer un nombre de cycles admissible pour les soufflets et à le corrélérer avec des essais sur banc. Pour cela, on envisage de poursuivre le calcul simulant la mise en forme par un autre calcul à l'aide d'une loi de comportement cinématique non linéaire (type Lemaître et Chaboche).

On disposera alors d'une chaîne de simulation complète que l'on envisage d'intégrer dans un outil métier. Celui-ci permettra de paramétrer rapidement les caractéristiques géométriques des soufflets. Cet outil pourra alors intervenir en phase de conception. ■



Cette opération est la dernière de l'élaboration et modifie la distribution des contraintes. On observera que la présence d'éléments de contact en peau extérieure interdit l'interpénétration des mailles lorsque deux ondes voisines se rapprochent.