

**THESE CIFRE 2019 NAVAL GROUP/LTDS/LMS**  
**Etude expérimentale et modélisation des phénomènes de fretting fatigue sous très faibles pressions de contact**

**Contexte Industriel**

Le groupe industriel Naval Group (<https://www.naval-group.com/fr/>) cherche à optimiser ses méthodes de dimensionnement vis-à-vis des phénomènes de fretting – fatigue – fissuration pouvant être observés dans certains assemblages frettés soumis à des micros déplacements alternés. La sollicitation de contact (fretting) favorise l’amorçage de fissures alors que la sollicitation de fatigue engendre la propagation de ces dernières. Pour répondre à cet enjeu, une thèse CIFRE est mise en place entre Naval Group, le Laboratoire de Tribologie et Dynamique des Systèmes (LTDS) de l’Ecole Centrale de Lyon (étude expérimentale et modélisation de l’amorçage des fissures en fretting-fatigue), le Laboratoire de Mécanique des Solides (LMS) de l’Ecole Polytechnique (étude et modélisation de la phase de propagation des fissures).

**Challenge Scientifique**

Des phénomènes de fretting fissuration sont observés à l’interface d’assemblages frettés bague / arbre soumis à des sollicitations complexes et non proportionnelles de torsion, flexion rotative et compression. Cependant, ces sollicitations sont très faibles et les critères de fatigue multiaxiale appliqués après des calculs 3D ne permettent pas d’expliquer l’endommagement observé.

Ainsi, outre le volet industriel, ce projet de recherche a pour objectif d’étudier et de modéliser les phénomènes de fretting fatigue (amorçage & propagation) pour de très faibles pressions de contact et des chargements multiaxiaux très complexes, un challenge scientifique d’actualité dans le domaine du fretting fatigue.

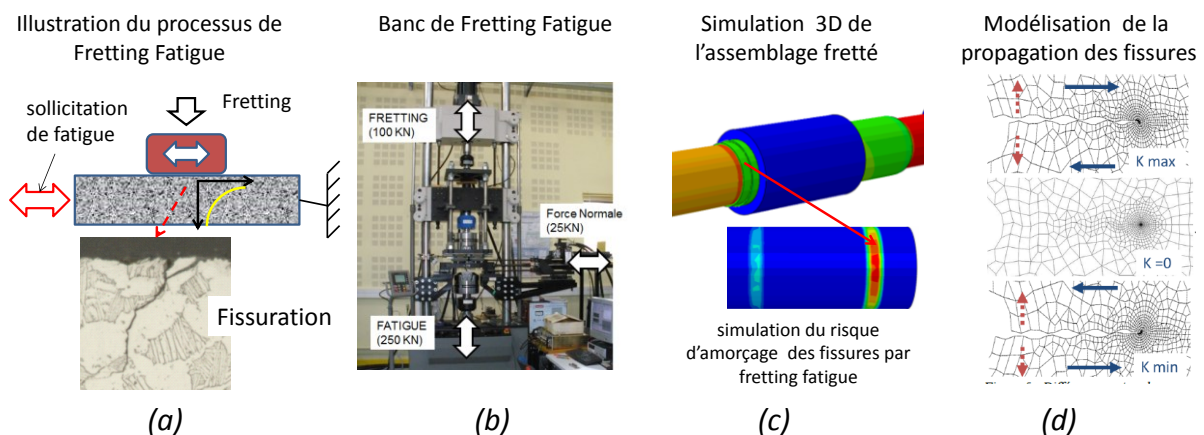


Fig. 1 : (a) Illustration du phénomène de fretting fatigue ; (b) Banc de fretting fatigue au LTDS ; (c) Illustration d’une modélisation 3D de l’amorçage des fissures ; (d) Illustration d’une simulation de la propagation des fissures.

**Cadre de la thèse**

Ce travail de recherche combinera expérimentations et simulations. L’objectif sera de déterminer les conditions de chargement induisant la fissuration d’un contact en considérant deux configurations. Dans un premier temps on s’intéressera à un contact « poinçon/plan » de laboratoire (Fig. 1a) permettant de contrôler et de mesurer les

sollicitations de contact et de fatigue. Dans un second temps on étudiera un contact semi-industriel « bague frettée » plus représentatif de l'application (Fig. 1b et 1c).

La première partie de la thèse, essentiellement conduite au LTDS (Ecole Centrale de Lyon), portera sur la caractérisation expérimentale et la modélisation du processus d'amorçage des fissures en fretting fatigue. Différents paramètres tels que la contrainte de fatigue, les pressions de contact et l'amplitude des micro-déplacements de fretting seront étudiés. Disposant de données expérimentales, des simulations FEM 2D & 3D (Abaqus) seront réalisées et post traitées à l'aide d'un code python permettant le calcul du risque de fissuration. L'étudiant partira de codes 2D et 3D déjà existants mais qu'il conviendra d'améliorer en introduisant des défauts de géométrie (ondulation et rugosité des surfaces). Différents critères « classiques » de fatigue (Dang Van, SWT, etc.) combinés à des approches de fatigue « non locales » (process volume, distance critique) pour tenir compte des forts gradients de contrainte dans la zone de contact seront ainsi analysés [1] pour évaluer le risque d'amorçage de fissures. Des approches alternatives et plus innovantes basées sur la théorie de « Crack Analogue » [2] ou du travail interfacial dissipé dans l'assemblage [3] seront également explorées de façon à mieux comprendre pourquoi les « approches classiques » ne permettent pas de prédire le risque de fissuration.

Le second volet de la thèse, principalement réalisé au LMS de l'Ecole Polytechnique, portera sur la modélisation du processus de propagation des fissures (Fig. 1d). Cette modélisation devra prendre en compte les chargements très complexes imposés à l'assemblage [4]. L'objectif sera d'évaluer dans quelle mesure, une fissure amorcée peut se propager ou non et, si c'est le cas, à quelle vitesse et dans quelle direction.

A l'issue de ces recherches, une approche globale (amorçage & propagation) sera établie puis implémentée au sein de la société Naval Group afin de quantifier le risque de fissuration par fretting fatigue pour les très faibles pressions de contact et les chargements complexes.

[1] C. Gandiolle, S. Garcin, S. Fouvry, Trib. Int. (2017) 108:57-68.

[2] A. E. Giannakopoulos, T. C. Lindley, S. Suresh, Acta Mater. (1988) 46:2955-2968

[3] K. Anandavel, R. V. Prakash, Procedia Engineering (2013) 55:655-660

[4] V. Doquet, M. Abbadji, Q. H. Bui, A. Pons, Int. J. Fract. (2009) 159:219-232

### **Profil souhaité**

Ingénieur en mécanique des solides motivé par la conduite et l'analyse d'essais mécaniques via la simulation FEM (Abaqus / Z-cracks + programmation Python & Matlab).

### **Début de la thèse**

Septembre – Novembre 2019.

### **Contacts**

LTDS - ECL : Siegfried FOUVRY (D. R. CNRS) : [siegfried.fouvry@ec-lyon.fr](mailto:siegfried.fouvry@ec-lyon.fr)

LMS - X : Véronique DOQUET (D. R. CNRS) : [veronique.doquet@polytechnique.edu](mailto:veronique.doquet@polytechnique.edu)

Naval Group : Florent BRIDIER (Dr., Ing. R&D) : [florent.bridier@naval-group.com](mailto:florent.bridier@naval-group.com).

### **Sites de travail**

LTDS - Ecole Centrale de Lyon, Ecully (≈ 65%) : <http://ltds.ec-lyon.fr/spip/>

LMS - Ecole Polytechnique, Palaiseau (≈ 25%) : <https://portail.polytechnique.edu/lms/fr>

Naval Group, Technocampus Océan, Bouguenais (≈ 10%) : <http://technocampus-ocean.fr/fr>