

Proposition de thèse

Étude de l'intégrité de surface et des contraintes résiduelles lors du perçage du Ti-6Al-4V

Employeur : Institut Mines-Telecom Albi
Contacts : Thomas POTTIER, thomas.pottier@mines-albi.fr
Yann LANDON, yann.landon@univ-tlse3.fr

Contexte

Le perçage des alliages de titane est une opération courante dans le domaine de la construction aéronautique, mais constitue toujours un défi technologique majeur : les forts couples et efforts de coupe nécessaires, les températures atteintes, ainsi que la microstructure même de ces alliages contribuent à une usure rapide des outils et à une altération de la surface générée, des points de vue géométrique, métallurgique et mécanique. Le procédé de perçage est le siège de forts couplages entre la thermique, la mécanique et la tribologie, ceci dans un volume restreint et confiné. Les interactions entre ces différents phénomènes constituent un frein qui empêche à ce jour toute modélisation fidèle du processus de formation des copeaux qui permettrait l'optimisation de l'opération de perçage des alliages de titane.

L'objectif principal de cette thèse est double : i) Développer une instrumentation innovante de l'opération de perçage afin d'être capable de mesurer les déformations et les températures mises en jeu ; ii) Développer un modèle éléments finis fiable et robuste de l'opération de perçage.

Projet de recherche

La modélisation des phénomènes de coupe en perçage a fait l'objet de plusieurs études, mais la mise en œuvre de tels modèles ainsi que leur validation et leur identification constituent un verrou scientifique et technologique important. La complexité de la modélisation relève tout d'abord de la nature multi-physique des phénomènes observés (mécanique, thermique, métallurgique, tribologique), ainsi que des forts couplages. Ceci impose l'utilisation de modèles de comportement fins. A ce jour, bien que le modèle classique de Johnson-Cook soit encore très utilisé, la tendance est de le remplacer par des modèles aux couplages plus forts, notamment en viscoplasticité cristalline [1,2,3,4]. Ce sujet se place donc dans la poursuite des travaux de Mahmoud Harzallah réalisés à l'Institut Clément Ader sur la modélisation des couplages thermomécaniques lors de la coupe du titane. Ces travaux ont constitué une avancée importante dans la caractérisation de ces couplages, des points de vue expérimental et en modélisation, pour une opération élémentaire de coupe orthogonale simple. Il s'agit désormais de développer ces connaissances dans le cadre de la coupe élémentaire oblique/oblique afin de l'appliquer au cas de l'opération de perçage des alliages de titane.

Un autre aspect significatif du problème repose dans l'absence d'une validation expérimentale in-situ des phénomènes modélisés. En effet, la nature très locale et rapide des phénomènes

rend la mesure des déformations et/ou températures très difficile. Des travaux récents de l'ICA ont permis la mesure de déformations aux échelles locales via l'utilisation de caméras rapides et de procédures de corrélation d'images en grands déplacements [5], couplée à une mesure synchronisée des températures de la même zone de coupe à l'aide d'une caméra thermique.

Le point central du problème réside dans le fait que la zone de coupe n'est pas accessible expérimentalement par des moyens classiques. Le caractère confiné du perçage empêche en effet la mise en place de moyens de mesure de champs dont l'intérêt a pourtant récemment été démontré pour d'autres processus de coupe. Par ailleurs, la géométrie complexe de la zone de coupe et sa nature dite oblique/oblique conduisent à des difficultés majeures en termes de modélisation par éléments finis. Au-delà de l'identification des lois (de comportement et d'endommagement) qui constitue en soi un défi, l'aspect 3D du problème impose le recours à des modèles numériquement lourds dont il est difficile d'évaluer la fidélité en l'absence de données expérimentales fiables.

Pour lever ces verrous, le travail est envisagé, d'une part, à travers la réalisation d'un banc de mesures simultanées des champs de déformation et de température in-situ en coupe oblique/oblique et en perçage, et d'autre part, en développant un modèle éléments finis dupliquant les conditions expérimentales. Plusieurs travaux ont montré que l'effort axial, qui est généralement choisi comme unique indicateur de la performance d'un processus, ne suffit pas à valider une modélisation de ce procédé. Ce travail de thèse s'articulera donc autour de deux thèmes complémentaires :

- Développer et instrumenter des essais de coupe en coupe élémentaire oblique/oblique et en perçage :
 - Résoudre les problèmes d'éclairage et de mesures aux petites échelles, en 3D et en zone confinée
 - Améliorer et adapter les protocoles de corrélation d'images numériques en grandes vitesses de déformations
 - Mettre en œuvre une méthode expérimentale complète permettant la mesure simultanée des champs de déformation et de température pour des vitesses de déformation représentatives du perçage.
- Développer un modèle éléments finis robuste pour l'opération de perçage :
 - Adapter les travaux de simulation réalisés à l'ICA-Toulouse (M.Harzallah) au cas de la coupe oblique/oblique puis du perçage
 - Affiner les modèles (sur la base des essais de perçage) et les aspects tribologiques
 - Développer une réelle confrontation essais-calcul sur la base de données à l'échelle locale (plutôt que macro comme les efforts de coupe).

Références

- [1] Harzallah M., Pottier T., Senatore S., Mousseigne M., Germain G., Landon Y. Numerical and experimental investigations of Ti-6Al-4V chip generation and thermo-mechanical couplings in orthogonal cutting. *International Journal of Mechanical Sciences*, 2017.
- [2] Pottier T., Germain G., Calamaz M., Morel A., Coupard D. Sub-millimeter measurement of finite strains at cutting tool tip vicinity. *Experimental Mechanics*, 4:1-12, 2014.
- [3] Umbrello, D. Finite element simulation of conventional and high speed machining of ti6al4v alloy. *Journal of materials processing technology*, 196:79-87, 2008.
- [4] Zhang Y., Mabrouki T., Nelias D., Courbon C., Rech J., Gong Y. Cutting simulation capabilities based on crystal plasticity theory and discrete cohesive elements. *Journal of Materials Processing Technology*, 212:936-953, 2012.
- [5] Harzallah M., Pottier T., Gilblas R., Landon Y., Mousseigne M., Senatore J. A coupled in-situ measurement of temperature and kinematic fields in Ti-6Al-4V serrated chip formation at micro-scale. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 2018.

Candidat

Ce travail de thèse consiste au développement de modèles numériques et à la confrontation essais/calcul, ainsi qu'à la réalisation de développements expérimentaux. Le candidat recherché doit donc posséder de bonnes compétences en calcul scientifique, en modélisation numérique et sur le comportement mécanique des matériaux métalliques. Il devra faire preuve également de sens expérimental, notamment en usinage, en assemblage, mais aussi en essais mécaniques et en caractérisation des matériaux.

Localisation

Ces travaux de thèse se dérouleront dans les locaux de l'Institut Clément Ader – Institut Mines-Telecom Albi, mais également sur le site Toulousain de l'Institut Clément Ader pour la partie expérimentale.

Financement

Le salaire prévu est d'environ 1 750 € bruts par mois. Des vacances d'enseignement seront également possibles.

Date de démarrage

Il est prévu que les travaux de thèse démarrent en octobre 2018.

Conditions de candidature/recrutement

Envoyer CV et lettre de motivation à Yann Landon et Thomas Pottier.