

# Etude tribologique d'huiles de micro pulvérisation pour l'usinage d'alliages aluminium

**F. CABANETTES<sup>a</sup>, P. FAVERJON<sup>b</sup>, A. SOVA<sup>a</sup>, F. DUMONT, Z. DIMKOVSKI<sup>c</sup>, J. RECH<sup>a</sup>**

- a. Université de Lyon / Ecole Nationale d'Ingénieurs de Saint-Etienne – Laboratoire de Tribologie et Dynamique des Systèmes, CNRS UMR 5513 – Saint-Etienne – France  
[frederic.cabanettes@enise.fr](mailto:frederic.cabanettes@enise.fr)
- b. PCI SCEMM, Bvd Alexandre de Fraissinette – Saint-Etienne – France
- c. School of Business and Engineering, Halmstad University, PO Box 823, SE-301 18 Halmstad, Sweden

## Résumé étendu:

Lors d'un usinage, les efforts et températures engendrés sont tels qu'une lubrification peut être nécessaire afin de prévenir une usure prématurée des outils de coupe. En effet le lubrifiant permet de refroidir et lubrifier l'interface outil/matière et ainsi réduire la sévérité du contact [1]. Cependant la génération de déchets, les surcoûts, les problèmes sanitaires, le recyclage et le nettoyage sont des problèmes inhérents à l'utilisation des fluides de coupe [2]. La micro-lubrification (ou MQL : Minimum Quantity Lubrication) permet de supprimer l'usage de liquides de coupe par pulvérisation d'un brouillard d'huile qui sera présent en quantité raisonnable au niveau du contact outil/matière et outil/copeau. Ce procédé qui pulvérise des particules de tailles de l'ordre du micron [3] est donc un compromis entre un arrosage intensif et un usinage à sec. La MQL est donc une méthode prometteuse fortement utilisée par l'industrie automobile [4].

Le but de cette étude est donc d'étudier à l'aide d'un tribomètre ouvert les conséquences tribologiques engendrées par l'utilisation de la micro-lubrification lors d'un usinage.

Afin de modéliser les phénomènes tribologiques à l'interface pièce-outil-copeau lors d'une opération d'usinage, un tribomètre ouvert couplé à un générateur de brouillard est utilisé. Ce dispositif permet de reproduire expérimentalement des conditions de contact locales observées lors d'une opération de coupe des métaux. 2 huiles propres à la MQL sont testées et comparées à des tests à sec et en lubrification complète. Les 2 huiles sont également caractérisées en terme de viscosité et tailles de gouttelettes générées.

La comparaison des tests tribologiques des 2 huiles pour des vitesses de glissement variables amène aux conclusions suivantes :

- Les 2 huiles ont un comportement identique lorsqu'elles sont appliquées en régime complet (figure 1).
- Cependant elles ont un comportement très différent lorsqu'elles sont appliquées par le biais du générateur de brouillard (figure 2): l'huile B semble avoir aucun effet puisque les résultats sont proches du régime sec. Quant à l'huile A, les résultats montrent un

comportement proche du régime lubrifié. Cependant ce comportement se dégrade plus la vitesse de coupe est élevée.

- Par conséquent la première étape de génération de brouillard est primordiale et influe sur le comportement tribologique final. Malgré un pouvoir lubrifiant identique (figure 1), les propriétés physiques des huiles entraînent la création de brouillards différents (figure 2).

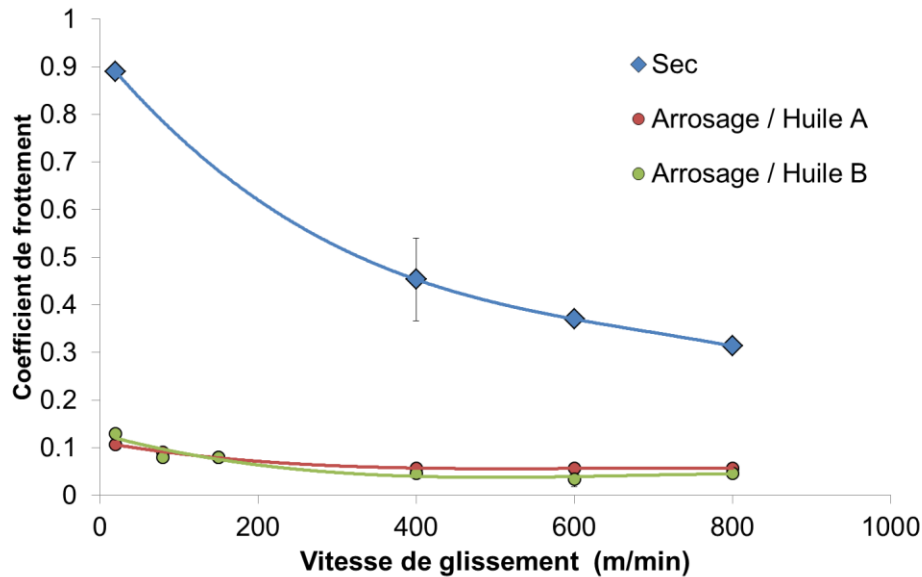


Fig. 1 : Frottement pour différentes huiles en arrosage

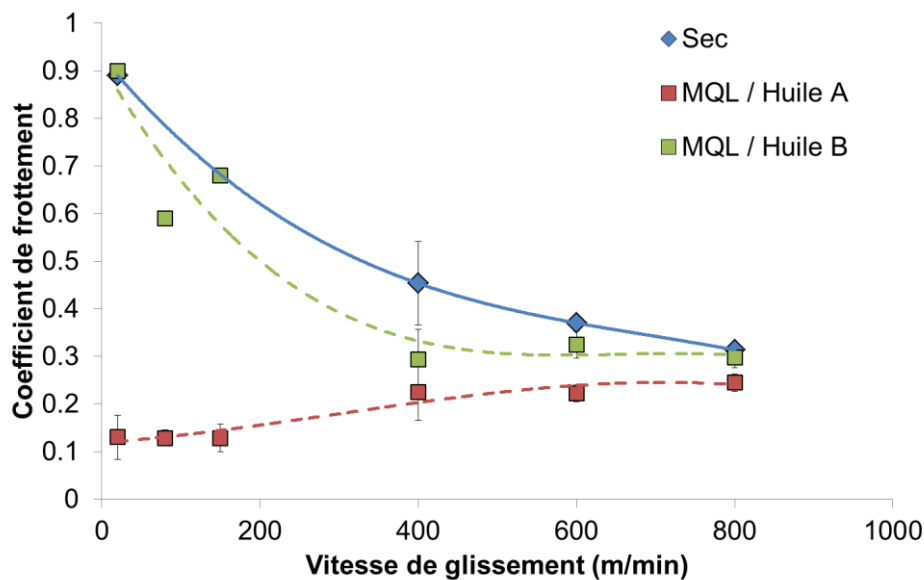
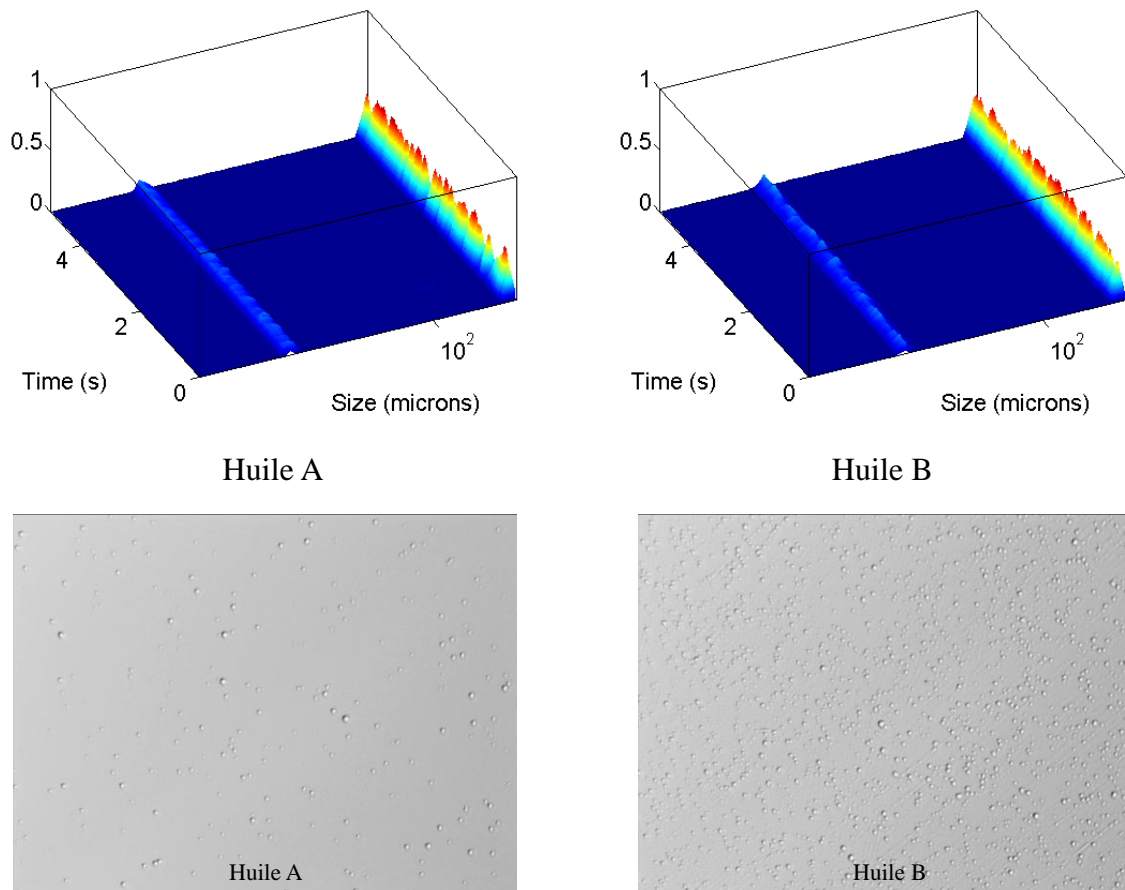


Fig. 2 : Frottement pour différentes huiles en MQL

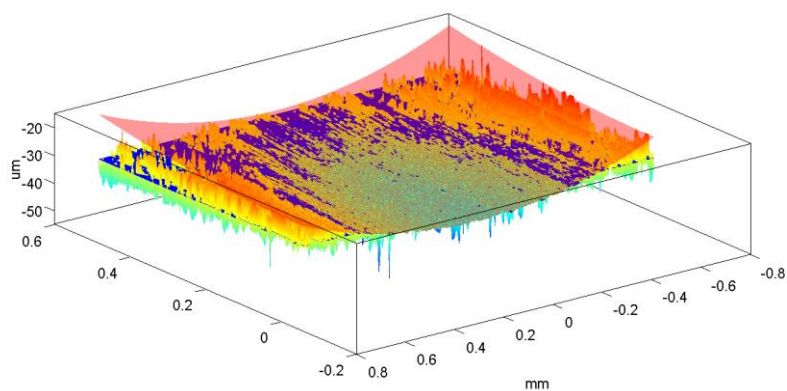
- Il est montré que la génération de brouillard se différencie en termes de volume projeté et non en termes de taille de gouttelettes (figure 3).



*Fig. 3: Taille de particules générées similaires pour les 2 huiles*

Afin d'expliquer théoriquement les résultats tribologiques obtenus, une modélisation en 2 étapes est proposée afin d'effectuer :

- une estimation du volume d'huile déposé en MQL sur une surface en fonction de la vitesse de glissement
- une estimation d'appauvrissement du contact: le contact rugueux du test de tribologie est simulé par un modèle de type Boussinesqu. Ensuite la surface déformée est remplie artificiellement par la quantité d'huile estimée par la 1<sup>ère</sup> étape (voir figure 4).



*Fig. 4: Simulation de l'huile remplissant le contact rugueux déformé*

Un taux d'appauvrissement du contact peut ainsi être confronté à l'expérimental (voir figure 5) en calculant le pourcentage d'aire de contact non lubrifié par rapport à l'aire réelle de contact totale.

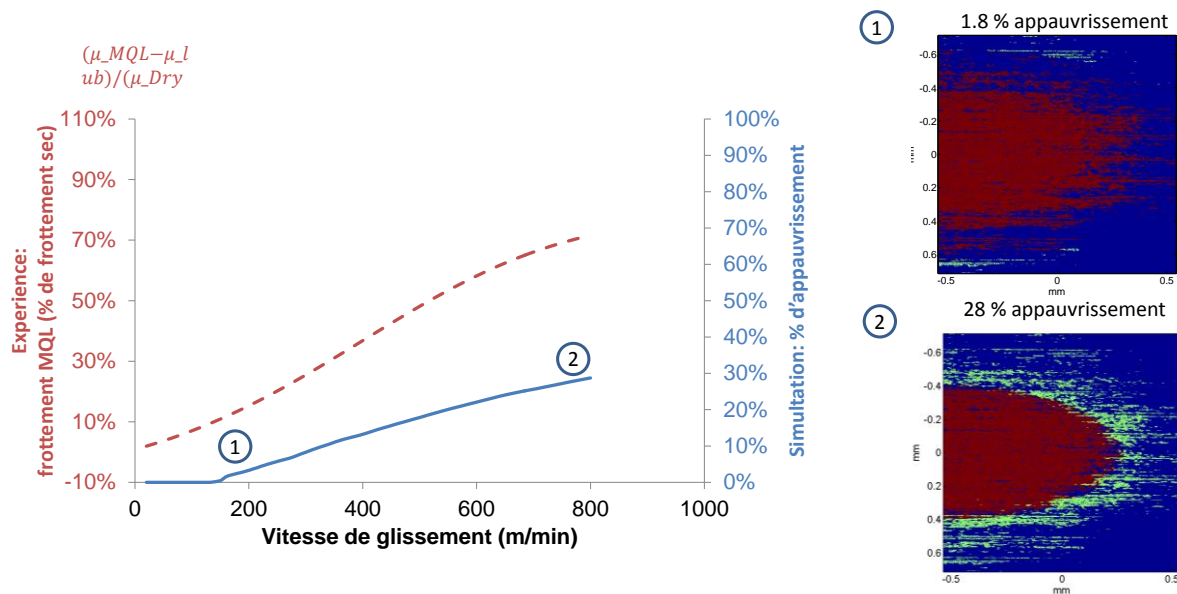


Fig. 5: Simulation de l'appauvrissement du contact Vs frottement expérimental

La simulation permet donc de montrer que l'appauvrissement du contact peut être atteint sous certaines conditions d'utilisation de la MQL. La simulation corrèle fortement avec les résultats expérimentaux et pourrait ainsi être injectée dans des modèles globaux de simulation de la coupe.

**Mots clefs : MQL, frottement, usinage, appauvrissement de lubrification**

## Abstract : (16 gras)

*The possibility to reduce the amount of cutting fluids from machining processes is actively studied by the industrials and researchers. Minimum Quantity Lubrication (MQL) is a solution towards cutting fluids reduction. This article investigates the consequences on friction coefficient induced by the use of MQL for two prototype oils. A tribometer is used for both oils in order to simulate experimentally the tribological conditions encountered during machining. Results show that even though the oils have the same lubricating performance in full lubrication, their physical properties are responsible for generating different volumes of mist (but similar droplet size). As the cutting speed increases a lower amount of oil is deposited on the rough surfaces. Depending on the MQL operating conditions and sliding velocities it is plausible to reach starvation by leaving the real rough contact partly dry. A model computing a starvation percentage by filling an estimated oil amount in a deformed topography correlates with the experimental results.*

## Références

- [1] E.M. TRENT, 1991, Metal Cutting, Butterworth Heinemann, Oxford.
- [2] A. MONDELIN, C. CLAUDIN, J. RECH, F. DUMONT, 2011, Effects of Lubrication Mode on Friction and Heat Partition Coefficients at the Tool-Work Material Interface in Machining, Tribology Transactions, vol. 54, pp. 247-255.
- [3] A. DUCHOSAL, R. LEROY, L. VECCELLIO, C. LOUSTE, N. RANGANATHAN, 2013, An experimental investigation on oil mist characterization used in MQL milling process, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, vol. 66, pp. 1003-1014.
- [4] B.L. TAI, D.A. STEPHENSON, R.J. FURNESS, A.J. SHIH, 2014, Minimum Quantity Lubrication (MQL) in Automotive Powertrain Machining, Procedia CIRP 14, pp. 523-528.