



## Proposition de thèse – Ph.D. position offer

### Perçage orbital intelligent: une application du *machine Learning* à l'usinage de géométrie complexe

#### *Orbital Smart Drilling: one application of machine learning to the complex geometry machining*

**Employeur :** INSA-Toulouse  
**Directeur de Thèse :** LAGARRIGE, Pierre  
**Co-directrice :** ARAUJO, Anna Carla  
**Laboratoire:** Institute Clément Ader

**Objectif principal :** *Surveiller et adapter les paramètres du perçage orbital en temps réel avec identification indirecte des matériaux usinés via les capteurs embarqués*

**Main objective:** *Monitor and adapt the parameters of orbital drilling in real time with indirect identification of the machined materials via the on-board sensors*

#### **Description du sujet**

Les structures hybrides métal-composite sont devenues incontournables dans la construction aéronautique pour des raisons économiques et environnementales tout en conservant des propriétés mécaniques élevées. Le perçage axial est aujourd'hui le procédé d'usinage le plus utilisé pour l'assemblage des sous-ensembles. Mais les gains en coût de production avec ce procédé restent limités, notamment du fait de l'endommagement des composites en perçage, des problèmes de bavure dans les métaux, et de conditions opératoires non optimales du fait de l'empilage multi-matériaux. Le perçage orbital est une innovation technologique qui permet de réduire ces conséquences en termes d'endommagement et de bavure, avec une relation trajectoire/vitesse/géométrie de coupe permettant une plus grande flexibilité mais avec un temps de coupe plus important [1]. Ce procédé est donc porteur de gains potentiels en termes de qualité mais doit être optimisé en termes de productivité. Du fait des différents matériaux assemblés qui ont une usinabilité nettement différente, les paramètres doivent changer en cours d'usinage pour permettre cette optimisation. L'adaptation en temps réel de ces paramètres constitue la base du *smart drilling* (ou perçage intelligent), thème important de l'équipe et du laboratoire. Dans le cadre de cette thèse, le concept sera appliqué au perçage orbital, ce qui constitue une originalité mais également permet d'associer les avantages de ce procédé à ceux de l'optimisation temps réel. Cela nécessite la caractérisation et la modélisation de l'évolution des variables du procédé (par exemple efforts, couples et puissances sur les broches de coupe et d'orbite), la création et la gestion d'une base de données, le traitement des données et l'ajustement en temps réel des paramètres d'usinage [2,3]. Ces modèles seront associés à la capacité d'identification, de traitement de données et d'action temps réel offerte par les outils de *machine learning* [4]. L'objectif sera d'être capable de détecter les changements de matériau durant l'opération de perçage et d'identifier le matériau percé à l'aide des signaux mesurés en temps réel afin d'adapter les conditions opératoires. Dans le contexte du laboratoire, ce sujet de thèse fait suite aux études antérieures menées en perçage orbital [1,5] sur la compréhension phénoménologique du procédé et qui font de l'ICA le laboratoire



## ECOLE DOCTORALE ED 468

« Mécanique, Energétique, Génie Civil, Procédés »



français spécialiste de ce procédé. La recherche à conduire consistera à développer des moyens expérimentaux et à établir la relation expérience/simulation géométrique basée sur des modèles mécanistiques (hybrides). L'identification en cours d'usinage nécessite une base de données importante, une modélisation fiable des efforts et couples du procédé et leurs variations durant la vie de l'outil. Le traitement des données indispensable et le temps de réponse du système à une sollicitation durant l'usinage imposent des contraintes fortes sur la vitesse d'identification et l'ajustement des paramètres d'usinage en temps réel.

### Research project description :

Metal-composite hybrid structures have become essential in aeronautical construction for economic and environmental reasons as maintain good mechanical properties. Axial drilling is the most useful machining process for assembling subassemblies, however, the savings in production cost with this process remain limited, in particular due to the damage to the composites during drilling, problems with burrs in metals, and non-optimal operating conditions due to multi-material stacking. Orbital drilling is a technological innovation, which makes it possible to reduce these consequences in terms of damage and burr, with a trajectory / speed / cutting geometry relationship allowing higher flexibility with a longer cutting time [1]. This process therefore brings potential gains in terms of quality but it must be optimized in terms of productivity. Due to the different assembled materials, which have a distinctly different machinability, the parameters must change during machining to allow this optimization. Adapting these parameters in real time forms the basis of smart drilling, an important topic for the team and the laboratory. Within the framework of this thesis, the concept will be applied to orbital drilling, which constitutes an originality but also makes it possible to associate the advantages of this process with those of real-time optimization. This requires the characterization and modeling of the evolution of the process variables (for example forces, torque and power on the cutting feed and spindle speed), the creation and management of a database, the processing of data and real-time adjustment of the machining parameters [2,3]. These models will be associated with the capacity for identification, data processing and real-time action offered by machine learning tools [4]. The objective will be to be able to detect changes in material during the orbital drilling operation and to identify the material using data signals in real time, in order to adapt the operating conditions. In the laboratory context, this thesis subject follows previous studies conducted in orbital drilling [1,5] on the phenomenological understanding of the process and which make ICA the French laboratory specialist in this process. The research to be conducted will consist of developing experimental means and establishing the relationship between experience and geometric simulation based on mechanistic models (hybrids). Identification during machining requires a large database, reliable modeling of the forces and couples of the process and their variations during the life of the tool. The essential data processing and the system response time to a request during machining impose strong constraints on the identification speed and the adjustment of the machining parameters in real time.



## ECOLE DOCTORALE ED 468

« Mécanique, Energétique, Génie Civil, Procédés »



### Verrou Scientifique :

La modélisation des phénomènes de coupe en fraisage hélicoïdal, perçage axial et orbital a fait l'objet de plusieurs études, mais l'identification du matériau (signature) à partir de signaux qui présentent une variabilité significative et une évolution avec l'usure de l'outil constitue un verrou scientifique et technologique important. Le traitement de données pour le contrôle en temps réel est aussi une difficulté du fait de la nécessité de modifier très rapidement les paramètres, cela n'ayant pas été étudié en perçage orbital à ce jour.

**Scientific challenge:** The modeling of cutting phenomena in helical milling, axial and orbital drilling has been the subject of several studies, but the identification of the material (signature) from signals which exhibit significant variability and an evolution with the wear of the tool constitutes an important scientific and technological barrier. Data processing for real-time control is also a difficulty due to the need to modify the parameters very quickly, this having not been studied in orbital drilling to date.

### References:

- [1] Pierre-André Rey, Characterization and optimization of the orbital drilling of Ti6Al4V and CFRP / Ti6Al4V stacks, Doctoral thesis of the University of Toulouse, June 29, 2016.
- [2] N. Klyuchnikov et al, Data-driven model for the identification of the rock type at a drilling bit, Journal of Petroleum Science and Engineering, V 178, 2019, pp 506-516.
- [3] M. Uekita and Y. Takaya, Tool condition monitoring technique for deep-hole drilling of large components based on chatter identification in time – frequency domain, Measurement, V. 103, 2017, pp. 199-207.
- [4] J. Sun et al. Optimization of models for a rapid identification of lithology while drilling - A win-win strategy based on machine learning, Journal of Petroleum Science and Engineering, V. 176, 2019, pp. 321-341.
- [5] Landry-Arnaud Kamgaing-Souop, Study and optimization of robotized orbital drilling process for the assembly of aeronautical structures, Doctoral thesis in progress.



ECOLE DOCTORALE  
ED 468  
« Mécanique, Energétique, Génie Civil, Procédés »



## **Information for application**

### **Candidate**

The core work consists in the development an experimental recognition of machining data and implementing a control loop to impose the optimized parameters. Thus, the candidate must present good skills in machine communication and collecting experimental data. He will perform machining tests and material characterization, and be volunteer to conduct the necessary actions in this field.

### **Localisation**

This Ph.D work will be conducted in Institute Clément Ader – Toulouse, France.

### **Funding**

A “Bourse Ministerielle” (MEGEP) will found the research.

### **Start date**

01 October, 2020.

### **Application and recruitment conditions**

Send a pdf containing your CV and a motivation letter (2M maxi) to Prof. Anna Carla Araujo ([araujo@insa-toulouse.fr](mailto:araujo@insa-toulouse.fr)).

*Deadline for candidature* **10 mai 2020 on [ADUM website](#)**