

Proposition de sujet de thèse

« Etude à haute température des échanges thermiques lors de la mise en forme de tôles métalliques par formage superplastique »

La mise en forme de tôles métalliques dans le cadre du procédé de formage superplastique a été abordée dans le cadre d'un précédent projet pour le matériau TA6V. La nécessité de parvenir rapidement à une connaissance suffisante mais non exhaustive des propriétés du TA6V pour le formage à haute température (~950°C) a débouché sur un nombre conséquent d'expérimentations allant de la mesure de RTC (résistance thermique de contact) entre la tôle métallique et le moule utilisé dans ce procédé spécifique, les propriétés thermiques (conductivité, capacité calorifique en fonction de la température du métal et du matériau du moule), mécaniques (ex : loi de comportement également dépendante de T de l'alliage de titane) et thermo-optiques (émissivités, réflectivités en fonction de T). Ces campagnes de caractérisation ont permis d'obtenir un certain nombre de résultats fondamentaux pour la validation des différentes étapes de chauffage et de formage superplastique des tôles métalliques mais ont également permis de mettre en évidence la faiblesse de certains dispositifs de mesure notamment pour ce qui touche à la RTC dans sa globalité. Dans le cadre du présent projet, un nouveau matériau est envisagé pour le formage de tôles : l'Inconel dont les températures de mise en œuvre sont sensiblement plus élevées : > 1000 °C, ce qui renforce la nécessité de repenser les méthodes de mesure afin de disposer de bases de données consolidées pour ces différents matériaux. L'ensemble des verrous scientifiques se situant au niveau de la caractérisation desdits matériaux à haute température, il conviendra dans la thèse proposée de se doter d'outils de mesures fiables et *reproductibles* à de tels niveaux de températures. Ainsi le travail s'articulera autour d'un aspect important du procédé de mise en forme : la résistance thermique de contact qui peut être décomposée en plusieurs parties :

- *La phase précédant le contact* où les échanges thermiques entre la tôle et l'outil sont convecto-radiatifs (vu les niveaux de températures), ce qui implique la connaissance précise des grandeurs thermo-optiques de la tôle et de l'outil ainsi que les facteurs optico-géométriques (facteurs de forme locaux) dont la dépendance au temps est avérée. L'influence du fluide environnant (argon..) sera également considérée.
- *La phase de contact à proprement parlé* et qui nécessite alors la connaissance des effusivités thermiques b_1 et b_2 des deux matériaux (rappelons que $b = \sqrt{\lambda \rho C_p}$), ceci en fonction des températures rencontrées dans le procédé (entre quelques centaines de degrés C et plus de 1000°C).

Ces deux étapes nécessiteront la mise en place d'expérimentations, d'abord sur des géométries simples (plan-plan) puis plus proches de la réalité, notamment afin de reproduire quelques configurations géométriques emblématiques susceptibles d'être rencontrées lors de la mise en forme des tôles en inconel (décomposition du problème en « éléments simples »). Les données expérimentales obtenues

seront confrontées à un ou plusieurs modèles analytiques développés au laboratoire ou issus de la littérature ; le cas échéant, le ou les modèles utilisée(s) pourront être améliorés ; de plus, le doctorant aura pour mission, en fin de thèse de participer à l'implémentation desdits modèles dans un code de simulation numérique. La partie relative aux aspects convecto-radiatifs devra tenir compte du fait que le matériau métallique voit son état de surface évoluer avec la température (et donc ses propriétés optiques), la partie convective est, quant-à elle, très mal connue en situation confinée. Dans chaque cas, on voit donc la nécessité de développer des expérimentations fines : contrôle des températures, mise en place de bancs optiques (spectrométrie IRTF, thermographie IR ou thermorélectrométrie) et thermiques spécifiques, mesures de flux thermiques, contrôle des pressions de contact pour la RTC. Ainsi, la mise en œuvre des tels moyens constitue un véritable enjeu métrologique et reflète une demande toujours plus grande du monde industriel pour tout ce qui touche à la mise en forme à haute température d'alliages réfractaires pour le domaine aéronautique tant pour des pièces de structure que pour des pièces susceptibles de fonctionner en environnement « moteur ».

Cadre de la thèse

La thèse se déroulera à l'école des Mines d'Albi au sein de l'Institut Clément Ader. La thèse s'inscrit dans un projet financé par la région Midi-Pyrénées et se déroulera en partenariat avec une PME locale dont les activités sont centrées sur des projets en lien avec le domaine aéronautique.

Démarrage de la thèse : prévue le 1/11/2015

Profil du (de la) candidat(e) :

Diplômé(e) d'une école d'ingénieurs ou d'un master 2 spécialisé(e) en thermique & matériaux, voire physique appliquée. Le (la) candidat(e) devra faire preuve d'initiative et d'autonomie sur les aspects expérimentaux qui constituent l'essentiel du sujet proposé.

Connaissances souhaitées :

Bonnes bases en transfert thermique (rayonnement, conduction, convection), science des matériaux, instrumentation (notions sur la thermographie infrarouge, métrologie thermique).

Outils informatiques : Matlab, Comsol, Labview.

Le (la) candidat(e) devra posséder une bonne maîtrise de la langue anglaise.

Rémunération de la thèse (durée 36 mois) :

Bourse de thèse Mines Albi : ce point sera évoqué lors du recrutement, le montant pouvant varier selon l'implication du/ de la doctorant(e) dans les encadrements d'enseignement proposées à l'école / TDs et/ou TP.

Contacts :

Mr Le Maoult Yannick / yannick.lemaoult@mines-albi.fr / 05 63 49 33 39 (Directeur de thèse).

Mr Pottier Thomas / thomas.pottier@mines-albi.fr / 05 63 49 30 48 (Co directeur de thèse).