

# Proposition de projet de mastère spécialisé

## Design des Matériaux et des Structures

### Année 2017-2018

#### Encadrement

---

Adrien Laforêt et Patrice Chaptal (Montupet), William Hilth et David Ryckelynck (Centre des Matériaux -Mines ParisTech)

#### Titre

---

Modélisation du débouillage de noyaux à résine inorganique pour des pièces automobiles en fonderie d'aluminium

#### Contexte

---

Montupet est une entreprise spécialisée dans la fonderie aluminium de haute technologie, notamment pour le secteur de l'automobile. Le moulage des culasses en aluminium de moteurs automobile utilise une grande quantité de noyaux en sable lié par une résine. Ces noyaux doivent être extraits sans laisser de résidus dans les pièces, car le sable résiduel est un polluant pour les circuits d'eau et d'huile. Cette opération, de plus en plus difficile à réaliser par la miniaturisation des moteurs, est cruciale pour l'amélioration de la qualité des culasses. L'étape d'extraction des noyaux est appelée débouillage. Elle consiste à traiter une pièce qui a eu le temps de se refroidir à température ambiante afin de lui appliquer un martelage qui la fait entrer en vibration. En vibrant, la culasse se déforme et fragmente les noyaux. Plus les noyaux sont fragiles, plus le débouillage est aisé. Mais les noyaux doivent résister à l'écoulement de l'aluminium liquide que l'on verse dans le moule. Chaque modification des résines, conduit à un choix de fraction volumique de résine difficile à optimiser. De plus, l'opération de débouillage étant difficile à instrumenter, il n'est pas facile d'en suivre la progression. La modélisation numérique du débouillage est alors une approche qui permet d'identifier quels sont les paramètres prépondérants intervenant dans le débouillage, afin de les optimiser.

Une thèse de doctorat en cours, a permis de développer, dans le cadre du projet ANR FIMALIPO, un modèle de compréhension de la fissuration et de la fragmentation des noyaux avec une analyse expérimentale et une modélisation numérique par la méthode des éléments finis. Il en résulte une procédure de modélisation applicable à une large gamme de noyaux en sable lié par une résine.

Notre compréhension du débouillage est la suivante, à ce jour. Au cours du débouillage le noyau subit les déformations imposées par la culasse. Or si le noyau est plus raide, les contraintes sont plus élevées ce qui semble contradictoire avec la plus grande difficulté à fragmenter des noyaux plus fragiles, comme constaté expérimentalement. Mais le retrait de l'aluminium augmente la pression de confinement d'autant plus que le noyau est raide et d'autant plus que le noyau est moins brûlé (dégradé) par l'aluminium en fusion. Or si la pression de confinement augmente, alors la rupture est plus difficile. Il est possible que la pression de confinement augmente plus que les contraintes de cisaillement générées par le débouillage. Ceci aurait donc pour effet de rendre plus difficile le débouillage, même pour un matériau plus fragile quand il n'est pas confiné.

## Objectif et travail proposé

---

L'objectif de ce stage est d'appliquer le protocole de modélisation développé dans la thèse afin de comprendre et d'analyser des essais de débouillage réalisés sur de nouveaux noyaux liés par une résine inorganique.

Les différentes étapes de ce stage seront :

- Calcul des vibrations engendrées lors du débouillage de la culasse, en exploitant un modèle par éléments finis élastique linéaire, on s'intéressera en particulier à la modélisation réaliste des conditions d'appui et de martelage de la culasse, le maillage de la culasse sera fourni par Montupet ;
- Analyse des données générées par tomographie d'une culasse à trois stades de débouillage (peu de martelage, stade avancé et stade final de débouillage), pour visualiser la progression de la fragmentation des noyaux en sable ; les données brute de tomographie seront données par Montupet ;
- Proposer une estimation des contraintes initiales de compression dans les noyaux dues au retrait de la culasse qui apparaît lors du refroidissement ;
- Calibrer un modèle de comportement mécanique donné des noyaux en sable à partir d'essais de compression et d'essais de flexion, on tiendra compte de l'hétérogénéité en surface des noyaux induite par la dégradation produite par l'aluminium en fusion (noyaux brûlés); les données expérimentales seront issues du projet FIMALIPO;
- Développer un modèle simplifié du débouillage portant sur les 4 paramètres principaux que sont le module d'élasticité et la limite d'élasticité des noyaux, la contrainte initiale dans les noyaux et la position des marteaux utilisés pour le débouillage.

## Profil demandé

---

Le sujet convient à un candidat ayant un profil mécanique des matériaux et des structures, et qui souhaite mettre en œuvre ces connaissances dans des calculs de structures, analyse numérique et la modélisation d'essais technologiques en mécanique.

## Contact

---

[Patrice.Chaptal@Montupet-Group.com](mailto:Patrice.Chaptal@Montupet-Group.com)

David .Ryckelynck@mines-paristech.fr