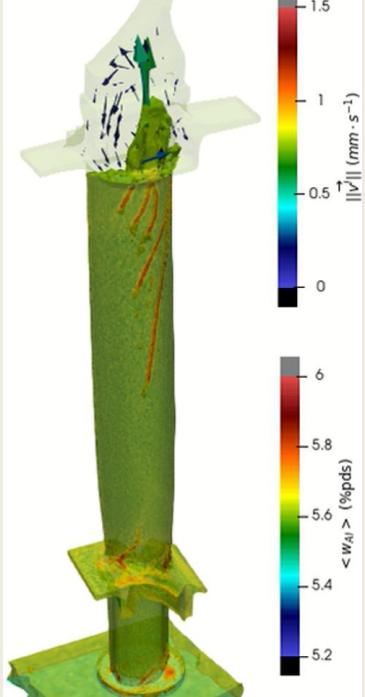


# Proposition Sujet de stage SAFRAN TECH

Lancement : printemps ou été 2026

Durée : 4 à 6 mois

TITRE	<p><b>Stage Safran Tech – plateforme Aubes de Turbines Avancées</b></p> <p><b>Modélisation des canaux ségrégés lors de la solidification dirigée d'aubes de turbines</b></p>
Acronyme	Stage FRECKLEX
Contexte	<p>Safran Tech investit dans la modélisation numérique des défauts de fonderie. Dans ce cadre, sa plateforme Aubes de Turbines Avancées a contribué à la création d'une solution logicielle au Centre de Mise en Forme des Matériaux (CEMEF) de MinesParis – PSL pour la modélisation des canaux ségrégés formés lors de la solidification dirigée de géométries monocristallines. C'était l'objet de la thèse de V. MAGUIN soutenue au CEMEF en 2020, dont une illustration est fournie dans la figure jointe [1]. Cependant, les développements logiciels restent internes au CEMEF et n'ont pas été démontrés sur une géométrie d'aube monocristalline produite par Safran Tech. L'objectif du stage est double : appliquer le modèle à la géométrie proposée par la plateforme Aubes de Turbines Avancées et contribuer à son implémentation dans la solution logicielle commerciale THERCAST [2].</p>
	<p>Les canaux ségrégés ou freckles sont des régions de composition inhomogène formées lors de la solidification dirigée. Ils résultent d'une instabilité thermosolutale créée par la ségrégation d'espèces chimiques à l'interface solide-liquide et les variations de densité de la phase liquide associées. Au sein des canaux sont généralement trouvés des structures équiaxes qui proviennent d'une fragmentation de la microstructure dendritique. Lorsque l'objectif est de créer une aube monocristalline, les grains équiaxes sont rédhibitoires. Dans le cas des superalliages base nickel, l'aluminium est une espèce ségrégée lors de la solidification, qui vient alléger le liquide et créer des volutes de soluté. Les écoulements (flèches sur la figure) sous-jacents dans la région en cours de solidification accumulent l'aluminium dans des canaux alors qualifiés de ségrégés (couleurs chaudes sur la figure).</p>
Présentation détaillée	<p>Les travaux consisteront à</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- reprendre des calculs de solidification dans une aube de turbine monocristalline sur la base des outils FusalurgY [3], pour prédire la formation de la structure de solidification en régime de diffusion de la chaleur,</li><li>- compléter le calcul précédent avec les écoulements de la phase liquide en activant le module de conservation de la quantité de mouvement, le solide étant supposé</li></ul>

	<p>fixe et imperméable et la perméabilité du mélange pâteux (solide + liquide) étant exprimée par une loi de type Darcy,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- coupler avec la modélisation de la conservation des la masse des espèces chimiques afin de prédire la distribution spatiale des ségrégations et les canaux associés,</li> <li>- contribuer à porter ces travaux dans l'environnement TherCast.</li> </ul>
Références bibliographiques	<p>[1] V. Maguin, <i>Modélisation multi-physique de la macroségrégation et de la formation des freckles lors de la solidification d'aubes de turbine monocristallines</i>. Thèse de doctorat, Université PSL, préparée à MINES ParisTech (2020).</p> <p>[2] Logiciel THERCAST : <a href="https://www.transvalor.com/en/thercast">https://www.transvalor.com/en/thercast</a></p> <p>[3] M. ELAYEB, <i>Digital chaining between multiphysics simulations of directional solidification process</i>. Mastère spécialisé MapMod, MinesParis (2024).</p>
Salaire approximatif brut mensuel	SMIC
Durée	4 à 6 mois, début au printemps ou à l'été 2026
Partenaire industriel	Safran Tech – plateforme Aubes de Turbines Avancées, site de Gennevilliers
Type projet	Contrat SAFRAN
Profil & compétences	Master M2 et/ou diplôme d'ingénieur avec compétences en modélisation numérique et en matériaux.
Lieu	CEMEF, Sophia Antipolis, France
Equipe de recherche	Métallurgie, Mécanique, Structures & Solidification (2MS)
Encadrants	Charles-André Gandin ( Charles-Andre.Gandin@minesparis.psl.eu ) Gildas Guillemot ( Gildas.Guillemot@minesparis.psl.eu )