

**« Procédure de lévitation électromagnétique sur terre pour déterminer les propriétés thermophysiques de métaux liquides »**

**Résumé**

La science des matériaux accorde une grande importance à l'étude de la relation entre structure et diverses propriétés physiques et chimiques. La compréhension du processus de solidification, qui est la méthode préférentielle pour la fabrication de produits métalliques, passe par l'étude de la phase liquide, en amont du process. Or, les liquides métalliques possèdent des ordres chimiques réactionnels à courte portée et cela impacte leurs propriétés thermophysiques. Une bonne connaissance des propriétés thermophysiques des métaux à l'état liquide est alors indispensable pour leur utilisation dans les calculs, les matériaux composites ainsi que pour la maîtrise de l'élaboration des alliages métalliques. Cependant, leur température de fusion élevée et leur réactivité chimique rendent les mesures compliquées, car elles impliquent d'une part, d'éviter tout contact entre l'échantillon et son environnement (creusets, porte-échantillons) et d'autre part, d'appliquer une atmosphère parfaitement contrôlée, afin de préserver la pureté du matériau. L'utilisation de la lévitation électromagnétique est une solution très attractive, car elle permet de pallier ces difficultés. Un dispositif expérimental utilisant la lévitation électromagnétique est mis en œuvre dans la Station Spatiale Internationale (ISS) et sert à mesurer les propriétés citées dans le cadre du projet ThermoLab. Des expériences similaires sont aussi réalisées en « microgravité de courte durée » lors des vols paraboliques coordonnés par les agences spatiales DLR (Centre allemand pour l'aéronautique) et CNES (Centre National d'Etudes Spatiales). Cependant, l'accès à ces dispositifs est restreint et la réalisation des expériences très coûteuse. L'utilisation de la lévitation électromagnétique dans les conditions Terrestres est tout à fait possible, mais les conditions de la lévitation sont différentes. En effet, par lévitation en microgravité, on sous-entend la rétention de l'échantillon près d'une position d'équilibre, tandis que par lévitation sur Terre, on entend surmonter la gravité. Cela signifie que la force électromagnétique permettant à l'échantillon de léviter est plus élevée, ce qui induit une convection forcée intense à l'intérieur de l'échantillon, perturbant les mesures. Afin d'amortir cet effet, un deuxième champ magnétique, continu, peut être utilisé. Une « preuve de concept » de cette idée a été réalisée avec une première version de l'installation expérimentale. Ainsi, dans le cadre du projet AEXAM (Application aux EXpériences d'Alliages Métalliques) financé par le CNES, une expérience est développée dans laquelle la lévitation électromagnétique est couplée à un champ magnétique continu. Ce nouveau dispositif répond à un triple objectif : 1) avoir une lévitation stable, 2) avoir un environnement propre, 3) bénéficier d'une ergonomie optimisée permettant une mise en œuvre plus aisée. Sur une installation auxiliaire, un protocole de mesure et de collecte de données est mis en place, dans l'optique de récupérer les propriétés thermophysiques des métaux liquides étudiés (Nickel (Ni), Fer (Fe), Cuivre (Cu), Titane (Ti)). Cela permet de valider le procédé sur des métaux dont les propriétés sont connues. Le système de collecte est constitué : 1) de mesures de températures de l'échantillon par pyrométrie optique, 2) d'une mesure du courant dans le circuit électrique via une sonde de Rogowski et 3) de l'enregistrement du comportement de l'échantillon grâce à une caméra rapide. Les pyromètres, le générateur et la sonde de Rogowski sont pilotés grâce à un automate. Ce dernier permet de générer des perturbations séquentielles dans l'échantillon afin d'effectuer de la calorimétrie modulée. Ce travail expérimental est supporté par des simulations numériques 2D/3D.