

L'ALUMINIUM COMME CARBURANT RENOUVELABLE : OPTIMISATION DE LA COMBUSTION ET MAITRISE DES EMISSIONS

DIRECTEUR DE THESE : VALERIE TSCHAMBER

LGRE, 3BIS, RUE A. WERNER, 68 093 MULHOUSE

TÉL : 03 89 33 61 58 / E-MAIL : VALERIE.TSCHAMBER@UHA.FR

Les métaux (Fe, Al, Mg) présentent un fort intérêt en tant que vecteurs énergétiques. Ils permettent en effet le stockage, sur des temps longs, et le transport, sur de longues distances, de l'énergie, au travers d'une boucle vertueuse qui couple des réactions d'oxydation (avec une libération d'énergie) et de réduction des oxydes formés en utilisant l'électricité produite par les énergies renouvelables (solaire, éolien, hydraulique,...). Ils s'agit donc de combustibles régénérables comme schématisé sur la Fig.1. La combustion de ces métaux libère une énergie proche de celle des combustibles classiques (bois, hydrocarbures). Ils peuvent également servir à la production d'hydrogène. En effet, dans un environnement contenant de la vapeur d'eau, les métaux réagissent et forment des oxydes en libérant de l'hydrogène ($\text{Me} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{MeO} + \text{H}_2$).

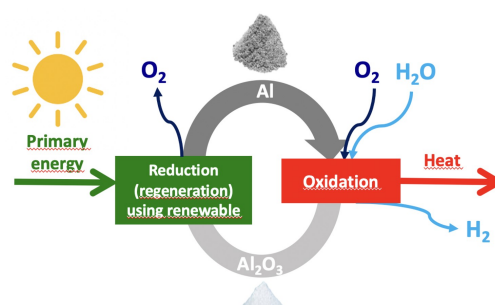


Figure 1 : Cycle oxydation-réduction pour l'aluminium en tant que carburant régénérable

Au LGRE, un dispositif pilote original a été précédemment développé pour étudier la combustion du magnésium. Ce dispositif est constitué d'un brûleur turbulent et d'une chambre de combustion dans laquelle la flamme est confinée. Des procédures de caractérisation des particules fines et ultrafines d'oxyde de magnésium ont été mises en place [1]. Plus récemment, des travaux ont montré la faisabilité de stabiliser une flamme turbulente d'aluminium au sein de ce dispositif [2] et de produire de l'hydrogène en continu avec une réaction aluminium-eau dans cette flamme [3]. Mais deux questions se posent concernant ce type de combustion : comment contrôler le niveau de NOx produits dans ces flammes métalliques à très haute température (jusqu'à 2900°C) et comment limiter le niveau de particules fines et ultrafines d'oxyde formées ?

Les travaux de thèse proposés ont pour objectif d'apporter une réponse à ces deux questions. L'étude sera menée dans le dispositif pilote développé au LGRE qui délivre une puissance jusqu'à 20 kW. Il est instrumenté en mesure de température (thermocouples et pyromètre) et analyses des gaz produits par la combustion (analyseurs en ligne de NO, NO₂, N₂O, O₂, H₂, H₂O) mais également de particules fines et ultrafines (ELPI+ et PPS). Ces particules seront caractérisées par microscopie optique-numérique, MET et DRX. Différentes conditions expérimentales seront étudiées. L'influence de la taille des particules d'aluminium injectées, de la richesse (de 0.4 à 1.4) et de la nature et de la fraction volumique du comburant (air, H₂O, CO₂) sur la production des NOx et particules fines et ultrafines sera recherchée. Des mécanismes de formation des NOx et particules seront construits.

[1] Andrieu A., Wittmann A., Trouvé G., Brilhac J.-F., Vigliaturo R., Allgaier O., Schönnenbeck C., Leyssens G., Tschamber V., **Aerosol Science and Technology** **59**:3, 327-342 (2024)

[2] Brilhac J.-F., Allgaier O., Schönnenbeck C., Ouledi Y., Tschamber V., Schubert U., Schweers E., Windhab N., Portugues L., **Fuel** **381**, 133494 (2025)

[3] C. Schönnenbeck, J.-F. Brilhac, O. Allgaier, V. Tschamber, U. S. Schubert, E. Schweers, N. Windhab, L. Portugues, Continuous hydrogen production from a swirled-stabilized aluminum flame, 7 pages, **12th European Combustion Meeting**, 7th - 10th April 2025, Edinburgh