

## Caractérisation des propergols sous haute contrainte de cisaillement.

En partenariat avec la société Ariane Group, nous étudions la rhéologie des propergols qui sont les carburants des fusées Ariane. Les propergols sont constitués de particules d'aluminium et de particules de perchlorate d'ammonium dispersées dans une matrice polymère (figure 1). Les boosters des fusées sont fabriqués en faisant s'écouler cette suspension concentrée dans de grands moules (plusieurs m<sup>3</sup>) où le polymère réticule. Nous obtenons alors de grands blocs solides qui seront brûlés pour assurer la poussée des fusées.

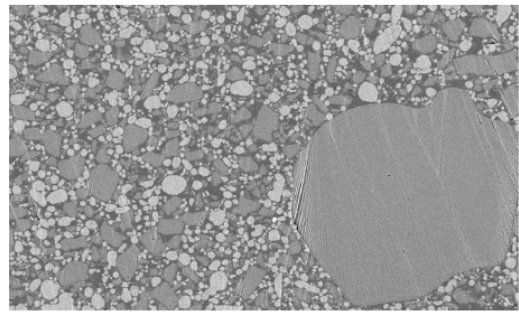


Figure 1. Photographie MEB d'un propergol. Les particules apparaissent en gris foncé et les particules d'aluminium en gris clair

Il convient évidemment de comprendre et d'être capable d'évaluer *a priori* les propriétés rhéologiques des propergols quand ils sont dans l'état liquide. Parmi les nombreuses propriétés rhéologiques d'un matériau complexe, nous nous intéressons ici à la viscosité de ces suspensions concentrées. On observe que les propergols sont rhéofluidifiants, c'est-à-dire que leur viscosité diminue au fur et à mesure qu'on augmente la contrainte de cisaillement. Ainsi la viscosité d'un propergol n'est pas caractérisée par une valeur unique comme c'est le cas pour un fluide newtonien (eau, huile, miel...) mais par une courbe  $\eta(\sigma)$  où  $\eta$  est la viscosité (en Pa.s) et  $\sigma$  la contrainte de cisaillement (en Pa). Ces courbes sont obtenues en utilisant des rhéomètres qui imposent une contrainte de cisaillement et mesurent le taux de cisaillement ( $\dot{\gamma} = \sigma/\eta$ ). Cependant avec ce type d'appareils, il est impossible de couvrir tout le régime de contraintes utile pour la mise en forme des propergols. Il est la plupart du temps impossible d'appliquer des contraintes supérieures à quelques centaines de Pascals alors qu'il faudrait connaître la variation de la viscosité avec la contrainte pour des valeurs allant jusqu'à quelques milliers de Pascals.

Le but du stage que nous proposons est de mettre au point un outil de rhéométrie qui permette d'atteindre ces contraintes élevées. Celui-ci sera probablement constitué d'une hélice -dont la géométrie devra être choisie avec soin- tournant dans une cellule cylindrique (figure 2). La difficulté d'utiliser une telle géométrie est que l'écoulement n'est pas homogène. Il est donc difficile de connaître la valeur du taux de cisaillement que subit le matériau étudié. Cependant, des études antérieures ont montré qu'il était possible de transformer la relation mesurée expérimentalement entre la vitesse de rotation de l'hélice et le couple appliqué en une relation rhéologique pertinente liant le taux de cisaillement à la contrainte de cisaillement. C'est ce qu'on appelle l'équivalence de Couette.

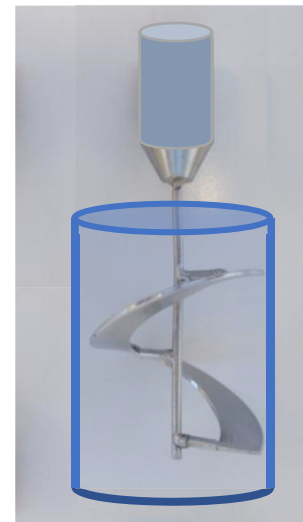


Figure 2. Géométrie de type hélice

Lors du stage, nous comprendrons comment bâtir cette équivalence, nous la testerons ensuite sur un fluide newtonien puis sur des fluides rhéofluidifiants de rhéologie connue pour enfin l'appliquer au cas des propergols (il s'agit ici de propergols inertes, non pyrotechniques !).

Le stage sera encadré par Serigne Touba Lo en première année de thèse et par Elisabeth Lemaire et aura lieu en collaboration avec Samuel Norlund d'Ariane Group. Les qualités requises sont d'aimer la mécanique des fluides et d'être capable de rigueur dans le traitement des données et de soin dans les expériences.

Contact : [elemaire@unice.fr](mailto:elemaire@unice.fr)