

ÉTUDE DE CAS

IMPRESSION 3D DE COMPOSITES POLYMÈRES À HAUT RENDEMENT POUR ROVER LUNAIRE

OBJECTIFS VISÉS

Réduire le poids total du rover tout en conservant ses excellentes propriétés mécaniques, et ce en utilisant des procédés de fabrication hybrides.

Diminuer les pertes de chaleur de la structure du rover pour empêcher que l'électronique interne n'atteigne des températures froides destructrices pendant les nuits lunaires.

LE CONTEXTE

L'objectif principal de notre projet est de concevoir et de fabriquer un rover lunaire léger dans le cadre d'une collaboration entre des chercheurs universitaires de Polytechnique Montréal, de l'École de Technologie Supérieure (ÉTS), de l'Université Laval et de l'Agence spatiale canadienne (ASC) ainsi que de quatre partenaires industriels (ArianeGroup, NanoXplore, Mekanic et Dyze Design). Pour y parvenir, l'équipe travaille sur différents projets tels que la conception de matériaux, la fabrication additive (FA), la mise au point d'un dispositif numérique permettant de prévoir le comportement mécanique et thermique des structures, le soudage par induction pour fixer les différentes parties du rover lunaire ainsi que l'assemblage de ses différents composants. Nous nous concentrerons sur le volet du projet portant sur la fabrication additive. Il s'agit d'imprimer des panneaux sandwich présentant différentes concentrations de cellules sur des surfaces planes et non planes de manière à conserver les propriétés mécaniques du rover tout en réduisant son poids total (figure 1).

LE DÉFI

Les conditions difficiles qui règnent sur la lune, notamment des variations de température pouvant aller de 100 °C et plus pendant la journée à moins de -150 °C pendant la nuit, qui dure 14 jours, imposent de recourir à des systèmes pouvant tolérer cette fourchette de températures et ce, tout en continuant de fonctionner adéquatement. Le corps du rover doit être suffisamment robuste pour supporter le poids des composants qui doivent être fixés à l'appareil ou transportés par celui-ci au cours de sa mission sur la lune et pour résister à la poussière corrosive et aux roches acérées. L'une des solutions pour améliorer les propriétés mécaniques de la structure du rover consiste à augmenter l'épaisseur de la structure du corps ou à la construire avec des matériaux plus résistants. Les approches classiques d'amélioration des propriétés mécaniques du corps du rover se traduisent par une augmentation de sa masse, ce qui le rend plus lourd et plus énergivore. Les composites avancés présentent des performances mécaniques élevées, et l'utilisation des techniques de FA nous permet de réduire encore plus le poids du rover en diminuant la quantité de matériau aux endroits où les forces appliquées sont plus faibles. Cependant, l'impression des polymères et composites avancés pose toujours problème, principalement en raison de leur point de fusion élevé.

Durée du projet

En cours depuis début 2018

Partenaires

Établissements d'enseignement :
École de technologie supérieure
(ÉTS), Université Laval

Organisme gouvernemental :
Agence spatiale canadienne (ASC)

Industriel :
ArianeGroup, NanoXplore,
Mekanic, Dyze Design

Matériaux

Polymères (PLA, PEEK, PEI)
et composites (PEEK renforcé
par des fibres de carbone)

Procédés

Modélisation par dépôt
de fil fondu (FDM)

Domaines d'application

Industries spatiale et aéronautique

IMPRESSION 3D DE COMPOSITES POLYMÈRES À HAUT RENDEMENT POUR ROVER LUNAIRE

Figure 1 – Schémas illustrant la conception de la répartition des cellules dans les panneaux sandwich et le processus d'impression par FDM pour la fabrication de la structure du corps du rover lunaire.

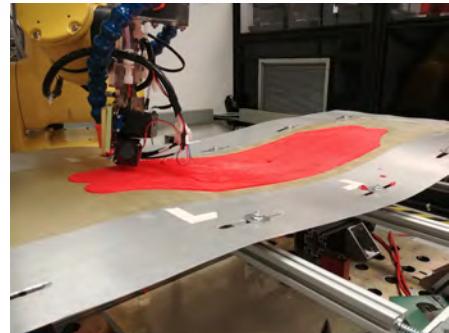
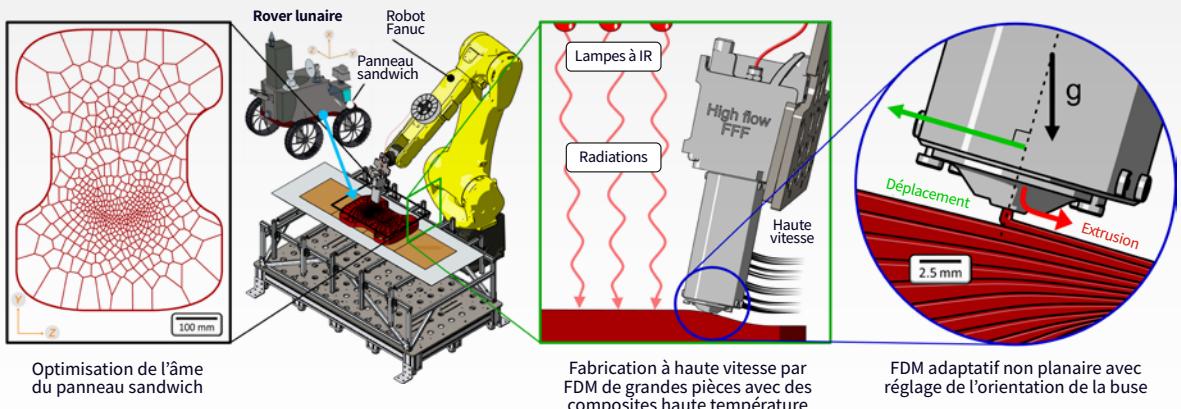


Figure 2 – Impression 3D de PLA sur une surface non plane au moyen d'un système de FDM monté sur un robot Fanuc à six axes.



Figure 3 – Impression 3D d'un cylindre tronqué avec un rapport avant/arrière de 2:1 et un nombre constant de couches de PLA au moyen de la méthode par FDM.

LA SOLUTION

Pour que la température interne du rover puisse être maintenue à des niveaux tolérables la nuit pour les circuits électriques et les batteries, le polymère à haut rendement choisi est le poly(étheréthercétone) (PEEK), ainsi qu'un composite à base de PEEK, dont le coefficient de transfert thermique est beaucoup plus faible que celui de l'aluminium utilisé précédemment pour la construction du corps du rover. Le corps du rover est composé de panneaux sandwich à remplissage en nid d'abeille. La masse totale sera réduite en augmentant le nombre de cellules en nid d'abeille aux endroits où les forces appliquées sont les plus élevées et en la diminuant là où les tensions sont moins importantes. L'impression par dépôt de fil fondu (FDM) est utilisée pour fabriquer les cellules et les répartir différemment à l'intérieur des panneaux sandwich. Nous avons mis au point un système FDM monté sur un robot Fanuc à six axes qui nous permet d'imprimer des structures de grandes dimensions atteignant jusqu'à 110 cm, selon la taille du lit d'impression. Nous avons aussi développé un programme de découpe pour le robot six axes en générant des parcours d'outils sur des surfaces non planes au moyen du langage de programmation Python (figure 2). Dans le cadre d'une étude de conception, des formes géométriques de hauteurs différentes ont été fabriquées en faisant varier la vitesse d'extrusion du filament d'impression.

LES BÉNÉFICES / RÉSULTATS

Nous avons conçu des structures en nid d'abeille où les cellules sont réparties de manière à améliorer les propriétés mécaniques des panneaux sandwich sans modifier leur poids total. Ces panneaux sandwich ont été fabriqués selon le procédé FDM à partir d'acide polylactique (PLA). Le PLA a donné lieu à des essais préliminaires et la transition au PEEK se fera dans un proche avenir. La résistance et la rigidité des panneaux sandwich ont été plus que doublées comparativement aux panneaux sandwich en nid d'abeille de masse égale (d'une densité de 7 %). De grandes formes géométriques en PLA ont été fabriquées au moyen du procédé FDM en suivant un profil d'impression non plan (figure 3); p. ex., un cylindre tronqué avec un rapport avant/arrière de 2:1 et un nombre constant de couches. Nous développons actuellement une infrastructure permettant d'imprimer de grandes pièces en thermoplastiques et composites à haut rendement sur des surfaces non planes.

COORDONNÉES

Polytechnique Montréal

Laboratoire de mécanique multi-échelles (LM2)
2500, ch. de Polytechnique, Montréal (Québec) H3T 1J4
daniel.therriault@polymtl.ca
514 340-4711 poste 4419