

1.1.1 Isolateurs composites

Ce projet se concentre majoritairement sur les isolateurs développés par l'entreprise K-Line Insulators Co. Cette entreprise canadienne est présente sur la scène internationale en tant que manufacturier d'isolateurs électriques en élastomères de silicone de haute précision et de haute performance. Basée à Toronto, dans la province de l'Ontario, leur expertise dans le domaine des isolateurs électriques en caoutchouc de silicone est reconnue mondialement [3].

Lorsque nous cherchons à définir un isolateur composite, ce dernier est présenté comme un support en matière non conductrice d'électricité destiné à soutenir un conducteur électrique. Il a pour rôle d'assurer l'isolement électrique entre les différentes parties des installations aériennes [4].

Les isolateurs électriques représentent un faible pourcentage dans le coût total des installations aériennes, pour autant, ils n'en sont pas moins importants et les dégradations qu'ils subissent peuvent entraîner de lourdes conséquences sur les installations électriques, notamment la création d'arcs de contournement qui peuvent entraîner des pannes partielles ou totales et ainsi interrompre la distribution de l'électricité [5].

Les arcs de contournement sont un problème récurrent sur les isolateurs électriques couverts par la glace ou la pollution. Ils peuvent entraîner de sérieuses difficultés dans la distribution de l'électricité et dans la conservation de l'intégrité des lignes électriques. Les arcs de contournements sont des courts-circuits entre les parties hautes tensions et la mise à la terre. Ils sont en général provoqués par un arc électrique créé au niveau de la couche de glace qui recouvre l'isolateur électrique [5].

Pour tenter de réduire les dégâts subis par ces équipements, des scientifiques ont essayé d'agir en premier lieu sur l'accumulation de la glace en empêchant celle-ci d'adhérer à

l'isolateur électrique.

Les chercheurs au pavillon de recherche sur le givrage ont déjà reproduit avec succès des revêtements superhydrophobes et glaciophobes [6] en s'inspirant de la feuille de lotus, qui possède des propriétés non mouillantes intéressantes. Cette dernière est constituée de microtextures sur sa surface qui empêche l'eau de s'accrocher sur les feuilles, et par conséquent empêche le mouillage de la feuille. Cependant, ces revêtements présentent un inconvénient sur le long terme : le fait qu'ils soient ajoutés sur le matériau ne leur permet pas d'assurer une bonne durabilité de celui-ci. En effet, si le matériau subit des dégradations quelconques qui endommagent sa couche superficielle, il est possible que le revêtement ne résiste pas et que son effet superhydrophobe et/ou glaciophobe disparaisse. Pour remédier à ce problème, une autre façon de créer un matériau superhydrophobe/glaciophobe a été imaginée par les scientifiques. Afin d'imiter les propriétés non-mouillantes de la feuille de lotus, le pavillon de recherche sur le givrage s'est intéressé à une méthode innovante pour reproduire des surfaces microscopiques et microtexturées et résoudre le problème de durabilité rencontré avec les revêtements superhydrophobes/glaciophobes : le moulage à injection.

1.2 Problématique et objectifs de l'étude

Dans ce contexte d'exposition aux conséquences des phénomènes liées au grand froid, il est donc important que les entreprises soient en mesure de fabriquer des isolateurs superhydrophobes grâce au moulage à injection. Le moulage à injection, bien qu'étant une technique puissante permettant de produire un grand nombre de pièce rapidement et à moindre coût, peut cependant présenter quelques risques économiques. En effet, les prototypes moulés peuvent subir des dommages pendant le moulage, comme des problèmes de remplissage

effectif du moule, ou pendant le démoulage, comme des bris. Il serait donc avantageux que les entreprises travaillant sur les isolateurs superhydrophobes parviennent à prédire les réussites ou les échecs de moulage à injection.

Incontestablement, de nombreux obstacles se posent encore lors du moulage à injection, comme le remplissage effectif des microtextures, le flux réel du fluide dans les cavités microscopiques, ou encore la réussite du démoulage sans bris du produit final. Ces obstacles peuvent représenter des inconvénients majeurs d'un point de vue économique : en effet, un ou des défauts sur les produits finaux obtenus à l'issue du moulage à injection peuvent représenter une perte économique pour l'entreprise qui les a moulés.

Cependant, comment permettre aux entreprises de prédire la réussite ou l'échec d'un moulage à injection, et leur permettre d'optimiser le remplissage d'un moule afin de réduire les coûts de production ? En définissant les valeurs des paramètres clés du moulage à injection, les résultats obtenus grâce à la simulation numérique permettrait d'observer le comportement du fluide lors du moulage à injection et d'observer l'effet des différents paramètres sur son écoulement. Cela peut amener à l'utilisation d'un nombre moins important de prototype lors de la phase de test.

L'objectif principal de ce projet est donc de mettre en place une simulation numérique du moulage à injection d'un isolateur électrique composé de micro-textures afin de comprendre le phénomène du remplissage de ce dernier.

Afin de mener à bien cet objectif, il sera important de réussir à :

- Déterminer les équations régissant le comportement du fluide lors du moulage à injection de surfaces micro-texturées.
- Développer une simulation numérique pour le moulage à injection de surfaces micro-texturées.

- Tenter de prédire le comportement réel du fluide à l'aide des résultats obtenus à l'issue des simulations.
- Observer l'effet de la variation des différents paramètres clés du moulage à injection.

1.3 Méthodologie

Afin de répondre à la problématique précédente et d'atteindre les objectifs de ce projet, une méthodologie de recherche a été mise en place en s'appuyant sur les différents articles de recherche consultés dans le cadre de ce travail.

En effet, après lecture des différents articles, il a été possible de déterminer les équations les plus adaptées à notre problème. Ces équations ont ensuite été implémentées dans plusieurs logiciels sélectionnés après avoir étudié les plus utilisés dans la littérature, à savoir les logiciels Moldflow Insight Ultimate et COMSOL Multiphysics. Puis des simulations ont été réalisées tout d'abord avec le logiciel Moldflow Adviser, puis le logiciel Moldflow Insight. Ces deux logiciels ont permis d'obtenir des informations intéressantes quant au comportement du polymère lors du moulage, cependant, il n'a pas été possible d'effectuer des simulations avec des textures de hauteur inférieures à 0,5 mm, ce qui n'a pas été satisfaisant dans le cadre de ce projet.

Afin de contourner ce problème, des simulations ont été réalisées avec le logiciel COMSOL Multiphysics, qui permet plus de liberté dans la modifications des paramètres de simulation, ainsi que de travailler plus aisément qu'avec Moldflow dans le domaine microscopique.

1.4 Originalité

L'observation du contexte nous permet de dire que notre projet s'inscrit dans une problématique d'actualité qui est la réussite du moulage à injection de surfaces micro-texturées afin

de créer des équipements superhydrophobes et donc plus résistants aux chutes de neige et aux tempêtes des hivers dans les pays au climat nordique.

Conscient de cette problématique actuelle, K-Line Insulators Co. a innové en privilégiant, dans le moulage à injection d'isolateurs superhydrophobes, l'utilisation d'un caoutchouc synthétique, l'élastomère de silicone vulcanisé à haute température (HTV silicone rubber).

L'utilisation d'élastomères thermodurcissables est encore peu exploitée dans le moulage à injection, à cause de la complexité de leur moulage. Celui-ci implique l'apparition du phénomène de réticulation, qui provoque la création de liaisons chimiques au sein du matériau et rend son moulage délicat à effectuer. Réaliser un prototype avec un matériau thermodurcissable implique que celui-ci soit moulé sans défaut dès la première tentative, car tenter de le mouler à nouveau provoquerait la dégradation du prototype. De plus, très peu d'articles parlent de l'utilisation d'élastomères dans l'industrie pour le moulage à injection. Ces matériaux présentent cependant des caractéristiques favorables à la superhydrophobicité et en font des candidats de choix pour l'application recherchée.

D'autres part, le domaine de l'hydrophobicité associé au moulage à injection est peu traité dans les articles de littérature. Beaucoup d'articles parlent de moulage à microinjection avec des géométries entières de l'ordre du micromètre mais peu traitent de micro-textures, ou de surfaces microtexturées travaillées à des fins superhydrophobiques.

Les isolateurs superhydrophobes sont quant à eux assez répandus dans la littérature. Dans la majorité des articles parcourus leurs propriétés superhydrophobes est obtenues grâce à un revêtement. Par contre il n'est retrouvé peu voire pas d'articles traitant de moulage à injection d'isolateurs faits à partir d'élastomères de silicone. Toutes ces constatations nous confirment dans le caractère original de ce travail de recherche.