

Titre Thèse Title	Développement de surfaces biomimétiques anti-glace Development of Biomimetic Anti-Icing surfaces	
(Co)-Directeur	Yannick Coffinier	E-mail : Yannick.Coffinier@univ-lille.fr
(Co)-Directeur	Maude Jimenez	E-mail : Maude.Jimenez@univ-lille.fr
(Co)-Encadrant (s)		E-mail :
Laboratoire(s)	IEMN / UMET	Web : https://www.iemn.fr/
Groupe(s)	NBI	Web :
Financement acquis ?	Oui <input type="checkbox"/>	Non <input checked="" type="checkbox"/>
	Origine :	
Financement demandé	Contrat Doctoral <input checked="" type="checkbox"/>	Etablissement porteur : Univ. Lille <input type="checkbox"/> Centrale Lille <input type="checkbox"/> JUNIA <input type="checkbox"/>
	Région <input checked="" type="checkbox"/>	Co-financement acquis : Oui <input type="checkbox"/> Non <input checked="" type="checkbox"/> Préciser son origine (qu'il soit acquis ou non) : Projet ANR déposé Phase 1
	Autre :	

Résumé :

La réfrigération est une industrie à forte consommation énergétique (20 % de l'électricité nationale) qui utilisait jusqu'à présent des réfrigérants primaires émetteurs de gaz à effet de serre (CFC). La recherche de nouveaux systèmes de réfrigération ou de modifications sur les systèmes existants visant à minimiser la demande énergétique et les émissions de gaz à effet de serre est par conséquent de plus en plus considérée comme une nécessité. Dans ce cadre, la réfrigération secondaire utilisant des fluides frigoporteurs (coulis de glace) apparaît comme une solution intéressante. Cependant, ces systèmes sont également très demandeurs en énergie notamment à cause des moyens mécaniques utilisés (racleur) pour générer les cristaux de glace. La conception de nouveaux types de surfaces antigivre est donc un moyen efficace d'améliorer l'efficacité énergétique en optimisant le transfert d'énergie tout en limitant le besoin de raclage et de nettoyage des surfaces. Notre objectif est donc de développer des surfaces en acier inoxydable où la glace formée pourrait être emportée par l'écoulement du fluide, sans avoir besoin d'un raclage mécanique.

Pour ce faire, nous nous proposons de développer, grâce à une approche biomimétique, des surfaces texturées imprégnées d'un liquide de faible tension de surface (généralement une huile inerte non miscible à l'eau), appelées "Slippery Liquid Infused Porous Surfaces" (SLIPS) [1]. En effet, ces surfaces sont inspirées de la plante carnivore *Nepenthes* qui possède des structures spécifiques combinant des rugosités micro et nanométriques permettant de retenir une cire. Les règles de conception de telles surfaces consistent à optimiser la rétention du lubrifiant, tant par la structuration physique que par la modification chimique, en fonction de l'application visée tout en améliorant sa durabilité. Ces surfaces SLIPS sont déjà reconnues pour leur effet antigivre mais seuls quelques articles évoquent la texturation de l'acier inoxydable, matériau essentiel pour notre application [2].

Ces surfaces originales micro/nanostructurées non mouillantes, inspirées de la nature, aux propriétés antigivres seront obtenues par une combinaison de procédés originaux et efficaces : ablation par laser femtoseconde et électrochimie pour atteindre une surface d'acier inoxydable texturée multi-échelle, très dense ainsi qu'une modification de surface (par plasma atmosphérique). Ces surfaces seront ensuite infusées par un liquide inerte afin d'obtenir des surfaces infusées glissantes (SLIPS).

Une collaboration avec le groupe FRISE-INRAE permettra de caractériser les surfaces ainsi fabriquées dans un environnement froid.

Abstract

Refrigeration is an energy-intensive industry (20% of national electricity) and has till now used greenhouse gases emitting primary refrigerants (CFC). To this extent, the development of new refrigeration systems or the modifications of existing systems to minimize energy demand and greenhouse gas emissions is therefore increasingly considered and greatly necessary. One existing alternative is the use of secondary refrigeration that uses of refrigerant (ice slurry) that appear to be an interesting solution. However, these systems are also very energy intensive, especially because of the mechanical means used (scraper) to generate the ice crystals. So, designing new type of anti-icing surfaces is an effective way to improve energy efficiency by optimizing the energy transfer and by limiting the need of surface scraping and cleaning. Our aim is therefore to develop stainless steel surfaces where formed ice could be carried away by the fluid flow, without the need of any mechanical scraping.

To overcome these limitations we propose to develop, using a biomimetic approach, highly textured surfaces impregnated with a liquid of low surface tension (usually an inert oil immiscible with water), called "Slippery Liquid Infused Porous Surfaces" (SLIPS) [1]. The *Nepenthes* pitcher plant served as an example due to its specific structures combining micro and nanoscale roughness retaining wax. The design rules for such surfaces consist in optimizing their retention of the lubricant, through both physical structuration and chemical modification, according to the intended application. While some SLIPS surfaces have already been reported for their anti-icing effect, only a few papers study the texturing of stainless steel, which remains essential for our application [2].

These original non-wetting micro/nanostructured surfaces, inspired from nature, with anti-icing properties will be obtained by a combination of original and efficient processes: femtosecond laser ablation and electrochemistry to reach a multiscale and very dense textured stainless-steel surface as well as surface modification (by atmospheric plasma). These surfaces will be then infused by inert liquid in order to obtain slippery infused surface (SLIPS).

A collaboration with the FRISE-INRAE group will be used to characterize the fabricated surfaces in a cold environment.

References:

- [1] T.S. Wong *et al.*, [Bioinspired self-repairing slippery surfaces with pressure-stable omniphobicity](#), Nature, 7365, (2011) 443–447.
- [2] S. Zouaghi *et al.*, [Antifouling Biomimetic Liquid-Infused Stainless Steel: Application to Dairy Industrial Processing](#), ACS Appl. Mat. Interfaces 9 (2017) 26565-26573.