

# Texturation au laser femtoseconde pour des surfaces antigivrantes

17 novembre 2025, 11:52

Felipe Baroni

## Une véritable avancée dans la prévention passive de la formation de glace

L’accumulation de glace sur des structures exposées telles que les ailes d’avion, les pales d’éoliennes, les pipelines ou les plateformes offshore reste un défi dans les environnements froids. Les méthodes traditionnelles de dégivrage basées sur le chauffage ou l’utilisation d’agents chimiques sont énergivores, coûteuses et posent des problèmes environnementaux. Chez Sirris, nous testons la texturation au laser femtoseconde pour concevoir des surfaces capables de retarder ou d’empêcher naturellement la formation de glace.

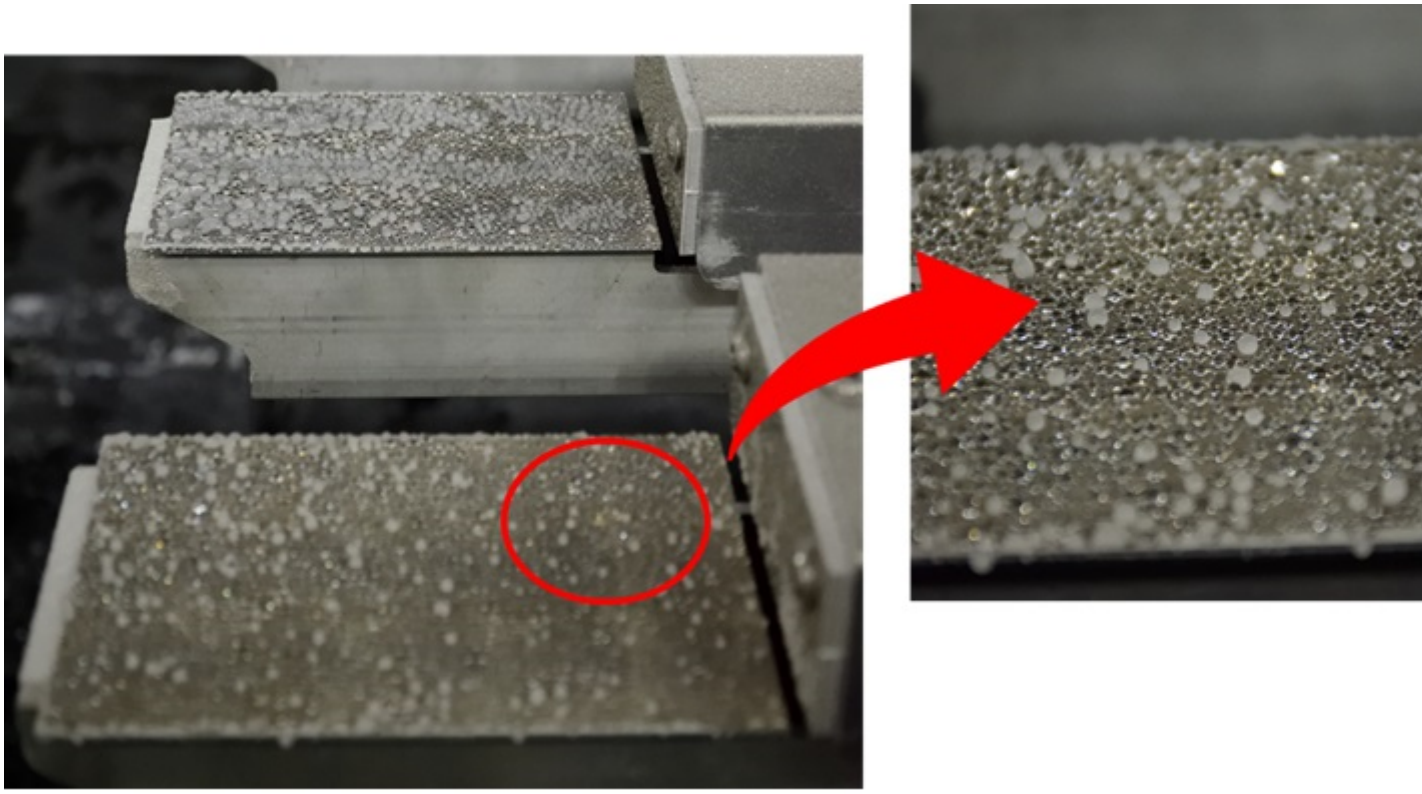
### Comment la glace se forme-t-elle ?

La glace se forme lorsque les gouttes d’eau gèlent ou que la vapeur d’eau se condense. Pour contrer ce phénomène, il faut d'abord comprendre le concept de mouillabilité, à savoir la manière dont l’eau interagit avec une surface.

Une gouttelette peut soit s’étaler (hydrophile), soit former une perle (hydrophobe), soit à peine toucher la surface (superhydrophobe). Deux états expliquent ces comportements :

- État de Wenzel : le liquide imprègne la surface rugueuse
- État de Cassie–Baxter : le liquide repose en partie sur des poches d’air, limitant le contact avec la surface

Atteindre un état de Cassie–Baxter stable est essentiel pour obtenir des propriétés antigivrantes. Dans cet état, les gouttes roulent rapidement, réduisant ainsi la durée pendant laquelle l’eau reste en surface avant de geler.



L’image 1 montre ce phénomène : des gouttes surfondues à –20?°C restent sphériques et mobiles grâce aux poches d’air piégées, tandis que d’autres commencent déjà à geler. C’est une illustration du retard de nucléation.

## Quand la vapeur d’eau devient-elle votre ennemie ?

Une surface superhydrophobe n’est pas automatiquement antigivrante. La glace peut se former à partir de la vapeur, par le biais du givre ou de la condensation. Dans ce cas, un autre facteur entre en jeu : **l’adhérence de la glace**. Plus le lien entre la glace et la surface est fragile, plus les forces naturelles comme le vent ou les vibrations peuvent les détacher l'un de l'autre facilement.

Chez Sirris, nous combinons la texturation au laser femtoseconde avec la chimie de surface pour résoudre ces deux problèmes. Le laser forme des micro- et nano-structures, telles que des piliers ou des structures périodiques induites par laser (LIPSS), tandis que les revêtements ajustent finement l’énergie de surface et le comportement de congélation. Cette synergie réduit le processus de nucléation de la glace et limite son adhérence si la congélation survient malgré tout.

## Test dans des conditions de froid réelles

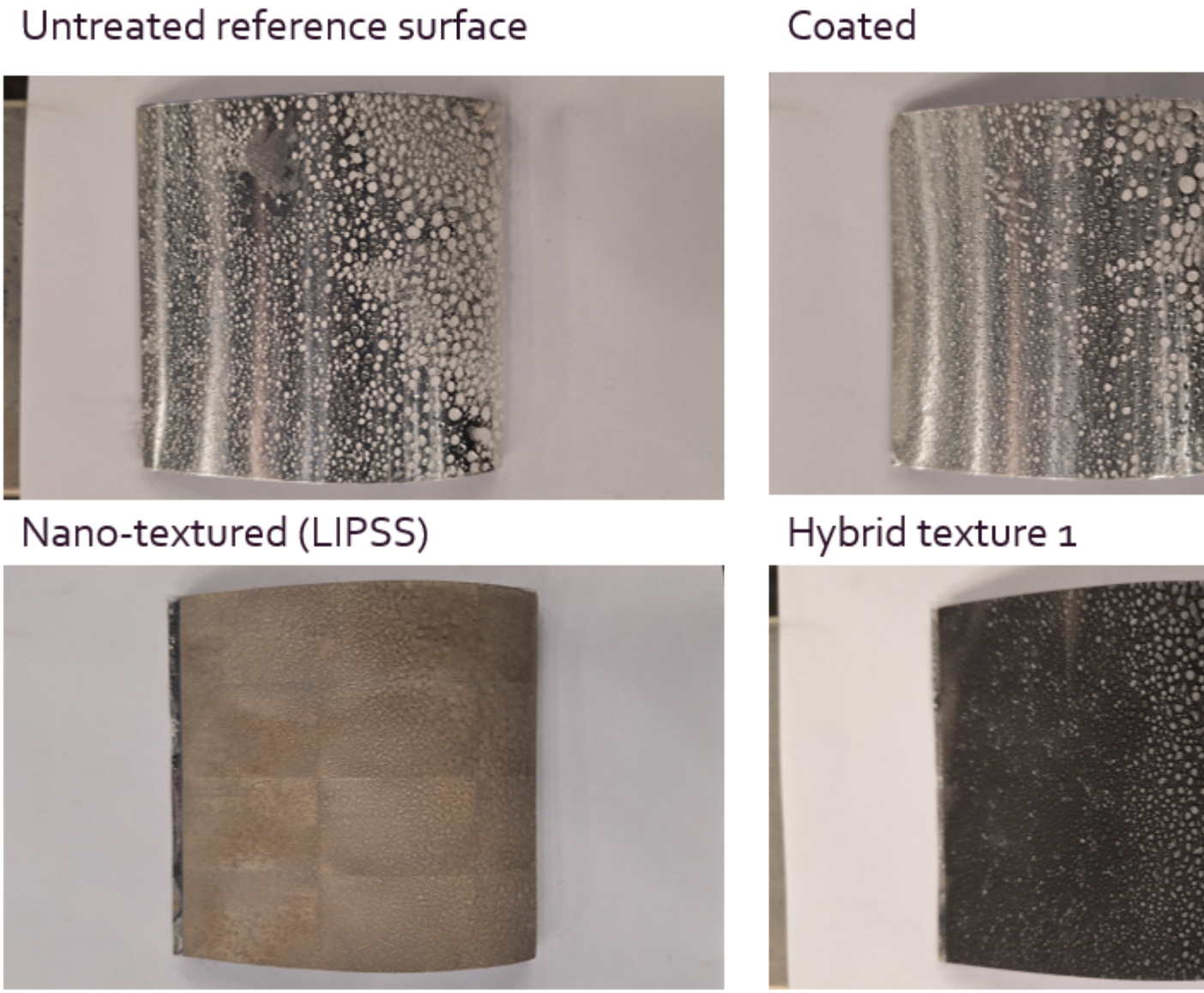
Afin d’évaluer l’efficacité des surfaces texturées par laser contre la glace, Sirris a réalisé une série d’expériences en collaboration avec le **laboratoire OWI (Anvers)**, en utilisant sa chambre climatique de pointe. L’objectif était de quantifier l’influence des différentes textures de surface sur la nucléation de la glace et son adhérence dans des conditions réalistes et contrôlées.

Les différents tests ont utilisé plusieurs types d’échantillons :

- Surfaces de référence non traitées
- Surfaces avec simple revêtement
- Échantillons micro-texturés
- Échantillons nano-texturés (LIPSS)
- Textures hybrides combinant laser et revêtement

Lors des tests contrôlés à des températures inférieures à zéro, les échantillons ont été exposés à des gouttes surfondues et à des cycles répétés de formation de givre. Les observations ont montré que les surfaces texturées et hybrides retardaient la propagation du givre plus longtemps que les surfaces de référence non traitées ou celles avec un simple revêtement.

Certains designs présentaient également une congélation plus lente et une adhérence de glace plus faible, ce qui suggère que la structuration à l’échelle micro- et nanométrique, combinée à une modification chimique, est efficace.




L’image 2 montre les échantillons 15 minutes après le test. On peut constater que les échantillons LIPSS se distinguent comme étant la meilleure texture pour retarder la formation de glace, tandis que les échantillons de contrôle et avec un revêtement présentent une accumulation de glace plus importante.

Bien que les résultats soient encore préliminaires, les tendances confirment la théorie : la topographie guidée par laser avec contrôle chimique peut considérablement ralentir le gel et faciliter l'élimination de la glace.

## Du laboratoire à l’industrie

Les applications potentielles dépassent largement le cadre expérimental. Les surfaces texturées au laser pourraient renforcer la sécurité et l’efficacité dans divers domaines :

- **Aéronautique :** prévention de la formation de glace sur les ailes d’avion
- **Énergie éolienne :** prévention de la formation de givre sur les pales
- **Transport :** sécurisation des infrastructures critiques
- **Opérations offshore :** réduction des opérations de maintenance dans des conditions climatiques extrêmes

Sirris a pour ambition de mettre cette technologie à la disposition de l’industrie, pour plus de précision, de reproductibilité et de maîtrise des coûts. Sur le long terme, l’objectif est d’intégrer l’antigivrage passif directement dans les composants afin d’améliorer l’efficacité énergétique et de prolonger leur durée de vie.

Par le biais de notre partenariat avec le laboratoire OWI, nous créons un lien entre innovation scientifique et pratique d’ingénierie en mettant l’antigivrage passif fiable à disposition d’une application industrielle concrète.



## Résumé

La texturation au laser femtoseconde permet de créer des surfaces naturellement résistantes au givre. En modulant les motifs à l’échelle micro- et nanométrique et en les associant à des revêtements, Sirris propose des alternatives durables aux systèmes de dégivrage énergivores. Les tests préliminaires montrent un potentiel prometteur pour des applications industrielles.

## Conclusion

La lutte contre la formation de glace entre dans une nouvelle ère. Grâce à la texturation au laser femtoseconde, Sirris montre qu’un antigivrage passif et durable est possible. La poursuite des recherches et des tests permettra de perfectionner cette technologie, transposant une science complexe en une innovation pratique et évolutive pour les industries opérant dans des environnements froids.

*Cet article a été publié dans le cadre du* ***projet BBBC, avec le soutien du SPF Économie de Belgique****.*

## Découvrez le projet FEMTOFUNC

Cette étude de cas s’inscrit dans le cadre plus large des recherches du projet FEMTOFUNC sur la fonctionnalité biomimétique des surfaces.

Découvrez le projet FEMTOFUNC

**Vous voulez savoir comment la texturation au laser femtoseconde peut optimiser les performances de vos produits dans les environnements froids??**

Contactez sans attendre nos experts en ingénierie des surfaces pour discuter de solutions antigivrantes sur mesure pour votre application.

Contactez-nous

## Auteurs



Felipe Baroni