

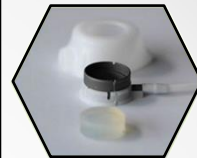
# Elaboration de surfaces nano-microstructurées

Les **chambres implantables** sont des dispositifs utilisés lors de **traitements de chimiothérapie**. Elles sont régulièrement la source d'infections, particulièrement lors de l'administration de nutrition parentérale.

En modifiant les **propriétés de surface d'un matériau**, il est possible de contrôler l'adhésion et le développement de micro-organismes sur ce support.

Le projet MAT-INNO a pour objectif de mieux **comprendre les phénomènes d'adhésion de bactéries et levures** (principalement *Staphylococcus aureus* et *Candida albicans*) afin de proposer des surfaces, aux propriétés contrôlées, ce qui limiterait le risque d'infections.

Nos efforts portent actuellement sur la maîtrise des propriétés de surface en termes de topographie, hydrophobicité et fonctionnalisation. Les surfaces étudiées sont **en oxyde de titane ou alliage de titane** compte tenu de leur biocompatibilité et de leur utilisation dans de nombreux dispositifs médicaux.



## Dans la littérature :

De nombreuses études ont été réalisées pour comprendre l'attachement de certaines bactéries et levures sur des surfaces particulières. Pour des surfaces en titane ou alliage de titane, certains résultats contradictoires ont été obtenus (1-3). L'adhésion de *S. aureus* a notamment été réduite avec une augmentation de la rugosité (1) alors qu'un résultat inverse a été obtenu dans d'autres travaux (2,3). Cependant, les méthodologies utilisées n'étaient pas strictement identiques, et certaines études se concentrent plus particulièrement sur l'attachement initial des bactéries alors que d'autres considèrent la maturation du biofilm.

Plusieurs équipes ont étudié des surfaces de titane avec des topographies bien particulières, comme des trous de taille variable (4) ou une structure périodique de forme sinusoïdale (5). Les résultats de ces travaux ont montré que plus la bactérie ou la levure a de points de contact avec la surface, plus son attachement et son développement sont favorisés.

La fonctionnalisation des surfaces de titane avec un siloxane fluoré (6) ou un hyaluronate de sodium (1), par exemple, a aussi engendré une forte diminution de l'attachement de certaines bactéries.

(1) Harris, L. G.; Richards, R. G. *J Mater Sci Mater Med* **2004**, *15*, 311.

(2) Giordano C, E. S., L Rimondinif, MP Pedeferra, L Visaib, A Cigadaa, R Chiesaa *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* **2011**, *88*, 648.

(3) Ivanova, E. P.; Truong, V. K.; Wang, J. Y.; Berndt, C. C.; Jones, R. T.; Yusuf, I. I.; Peake, I.; Schmidt, H. W.; Fluke, C.; Barnes, D.; Crawford, R. J. *Langmuir* **2010**, *26*, 1973.

(4) Whitehead, K. A.; Verran, J. *Food Bioprod Process* **2006**, *84*, 253.

(5) Diaz, C. C., Cecilia, M. ; Schilardi, P. L.; Saravia, Gómez de, S. G. ; Mele, Mónica Alicia Fernández Lorenzo; *Materials Research* **2007**, *10*, 11.

(6) Stallard, C. P.; McDonnell, K. A.; Onayemi, O. D.; O'Gara, J. P.; Dowling, D. P. *Biointerphases* **2012**, *7*.

## Premiers objectifs :

- Préparer des surfaces d'oxyde de titane avec une faible rugosité
- Réaliser une fonctionnalisation de surface pour modifier les propriétés d'hydrophobicité
- Tester l'adhésion des bactéries et des levures sur ces surfaces

## Dépôt d'oxyde de titane par pulvérisation cathodique

But : Déposer une fine couche d'oxyde de titane (sur des wafers de silicium) de manière à obtenir une surface ultra-lisse. Pour cela, il a été nécessaire d'optimiser plusieurs paramètres (pression, température, temps, composition des gaz).

### → Mesure de la rugosité par AFM

Des rugosités inférieures à 1 nm sont mesurées après optimisation des paramètres.

### → Mesure de l'épaisseur par réflectivité X

Grâce à une modélisation des courbes expérimentales, des épaisseurs de 2 à 80 nm ont été précisément déterminées.

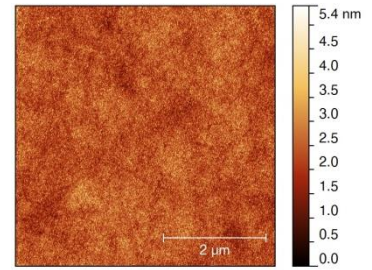
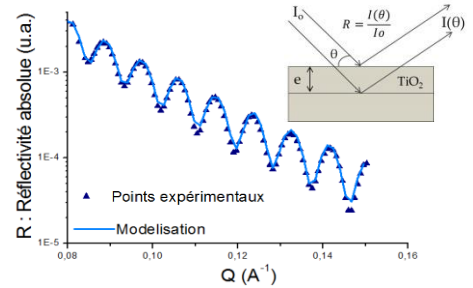


Image AFM en topographie d'une couche mince d'oxyde de titane ( $R_a = 0,41 \text{ nm}$ )



Courbe de réflectivité X pour un film mince ( $e = 70,1 \text{ nm}$ )

Image AFM en topographie de la surface de Si après attaque par NaOH à  $T = 60^\circ\text{C}$  pendant 1 h ( $R_a = 146 \text{ nm}$ )

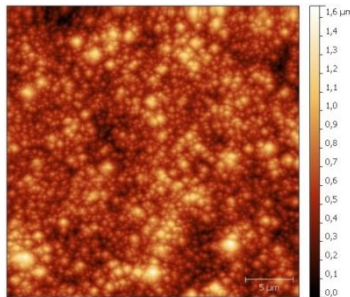
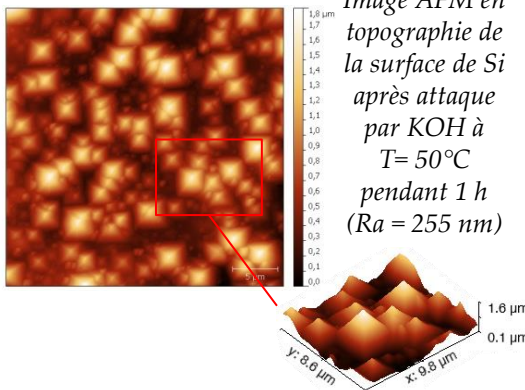


Image AFM en topographie de la surface de Si après attaque par KOH à  $T = 50^\circ\text{C}$  pendant 1 h ( $R_a = 255 \text{ nm}$ )



## Contrôle de la topographie de surface

But : Mettre en place un ou des protocoles permettant de contrôler la topographie d'une surface de silicium avant dépôt d'une couche mince d'oxyde de titane. Pour cela, l'action de composés (NaOH/KOH) a été étudiée et plus particulièrement les effets de concentration, de temps d'attaque et de température.

### → Mise en place des protocoles

Utilisation d'un montage à reflux pour permettre une attaque contrôlée du silicium en fonction des paramètres prédéfinis.

### → Analyse de la topographie par AFM

Des pyramides sont observées sur la surface pour des temps et une température suffisamment grands. La rugosité de surface dépend aussi de ces paramètres. Elle augmente avec le temps d'attaque et la température.

## Prochaines étapes :

- Déposer du titane sur les surfaces de Si structurée et vérifier les topographies
- Etudier et contrôler la fonctionnalisation des surfaces ultra-lisse d'oxyde de titane
- Etudier l'impact des agents cytotoxiques sur les propriétés de surface