

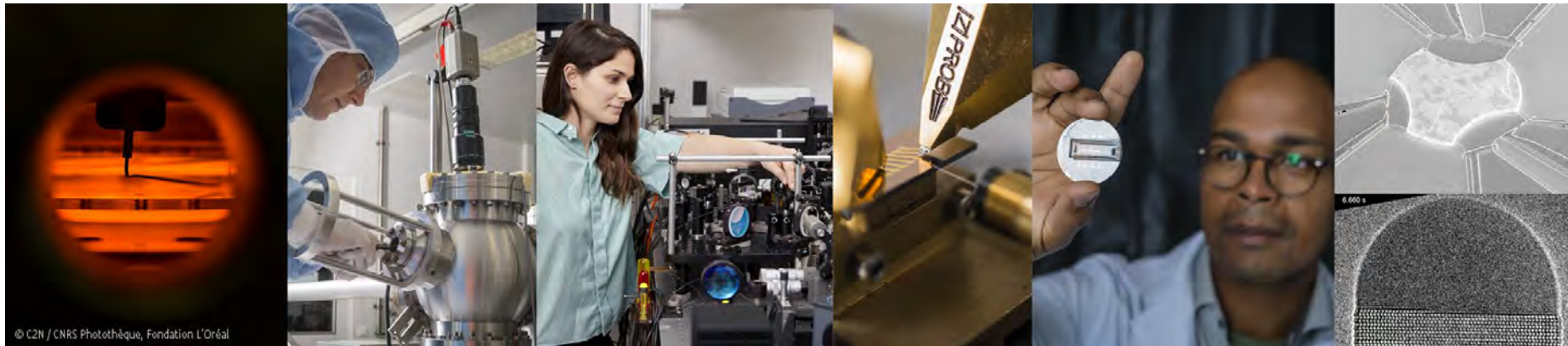


Nouvelle méthode de fabrication directe de timbre pour Soft UV-NIL par auto-assemblage de nanosphères

www.c2n.universite-paris-saclay.fr

 @C2N_com

Journée Nationale de la Lithographie par Nano-Impression

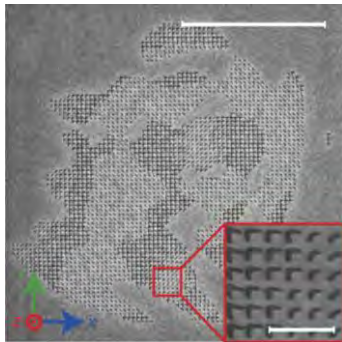


© C2N / CNRS Photothèque, Fondation L'Oréal

Métasurfaces

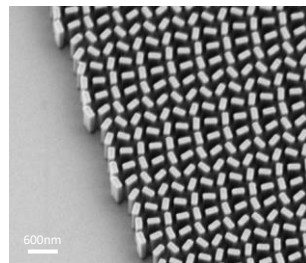
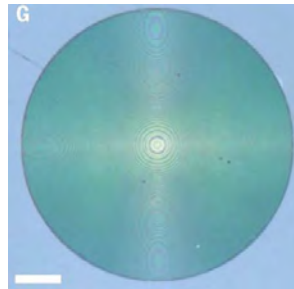
Structurés à une échelle sub-longueur d'onde ces nouveaux matériaux peuvent avoir des propriétés qui ne sont pas possibles avec des matériaux classiques

Holographie



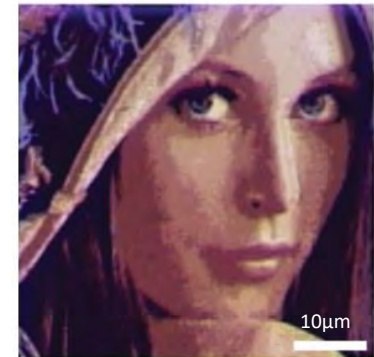
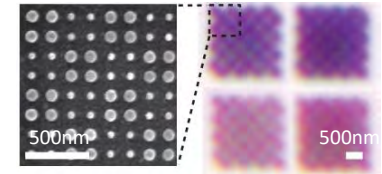
Ni, X., Kildishev, A. V., & Shalae, V. M. (2013). *Nature Communications*, 4(1), 2807

Meta-lentilles



Khorasaninejad, M., *et al.* (2016). *Science*, 352(6290), 1190–1194.

Génération de couleur



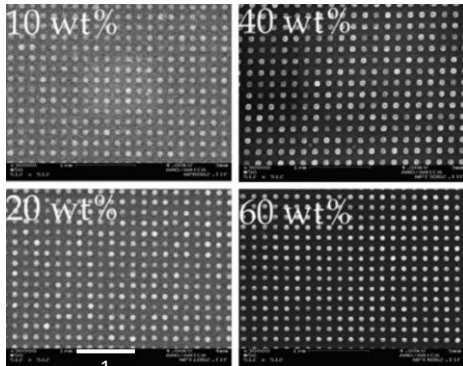
Kumar, K., *et al* (2012 *Nature Nanotechnology*, 7(9), 557–561.

La fabrication reste difficile et coûteuse: le **Soft UV-NIL** est un bon candidat

Fabrication sub-longueur d'onde VIS

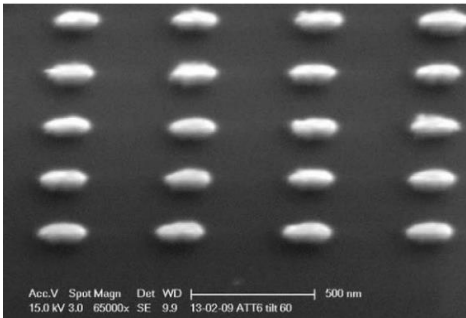
Solutions proposées

Dilution dans solvant



Koo, N., et al (2007) *Microelectronic Engineering*, 84(5–8), 904–908.

H-PDMS



Barbillon, G. (2010). *Microelectronic Engineering*, 87(5–8), 1001–1004.

Sub-longueur
d'onde VIS

→ <400nm

L'utilisation de techniques classiques de moulage implique une réduction de la viscosité du PDMS pour améliorer la résolution

Ces techniques entraînent une augmentation de la difficulté de manipulation et de la fragilité du timbre

Meilleure résolution ~~→~~ Faible viscosité

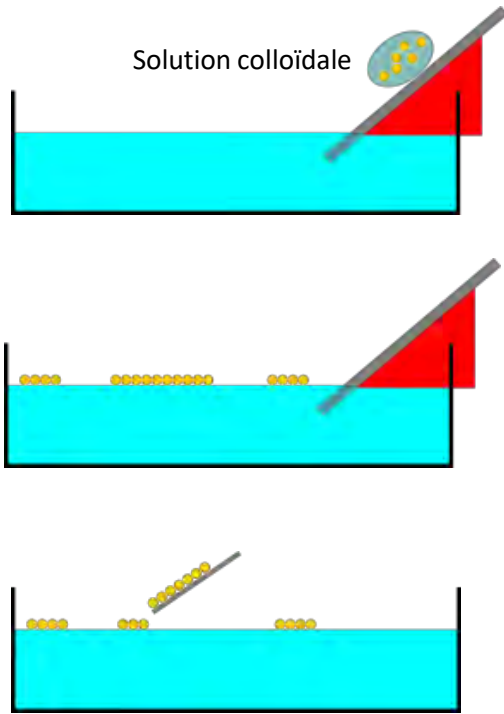
↓
Gravure directe du PDMS

FABRICATION DE TIMBRE EN PDMS PAR GRAVURE DIRECTE

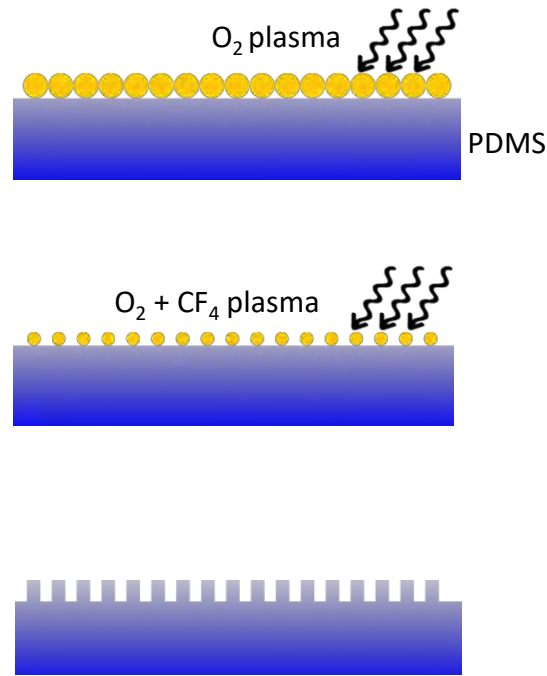


© C2N / CNRS Photothèque, Fondation L'Oréal

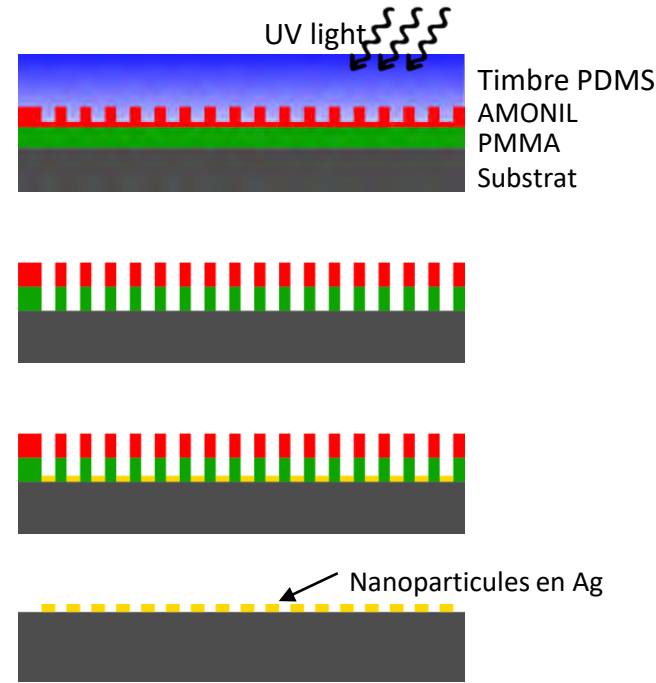
1. Dépôt



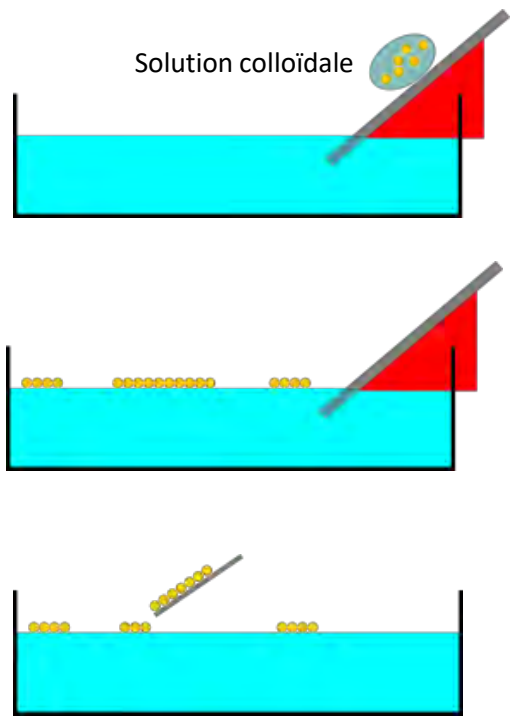
2. Fabrication du timbre



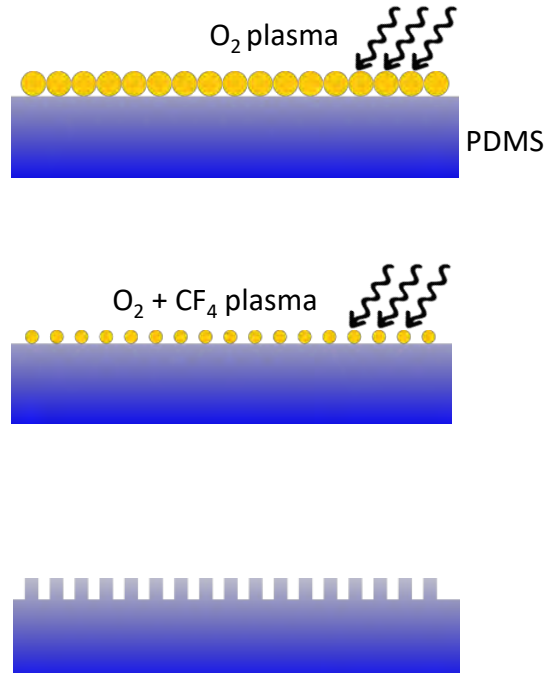
3. Soft UV-NIL



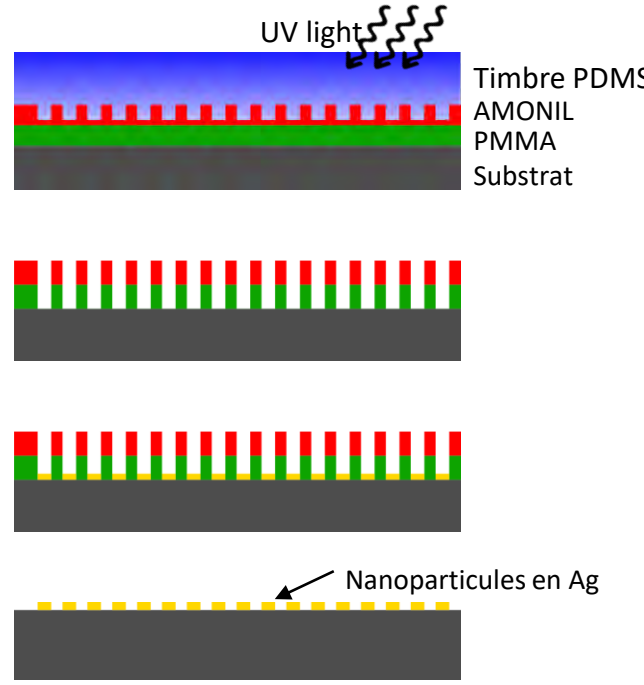
1. Dépôt



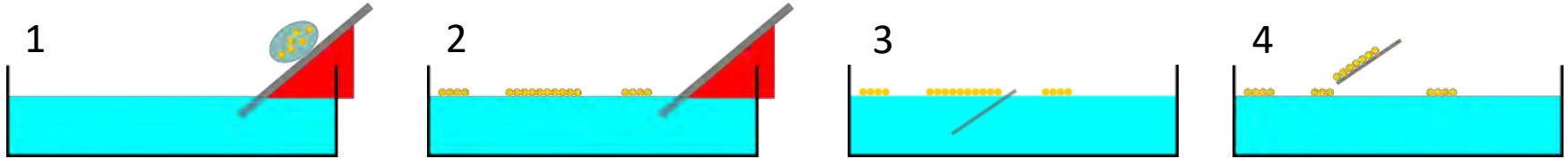
2. Fabrication du timbre



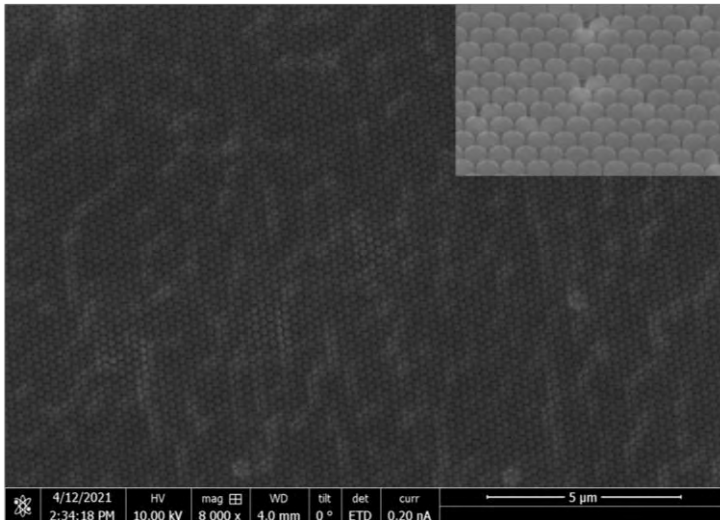
3. Soft UV-NIL



Déposition de particules en polystyrène (PS)



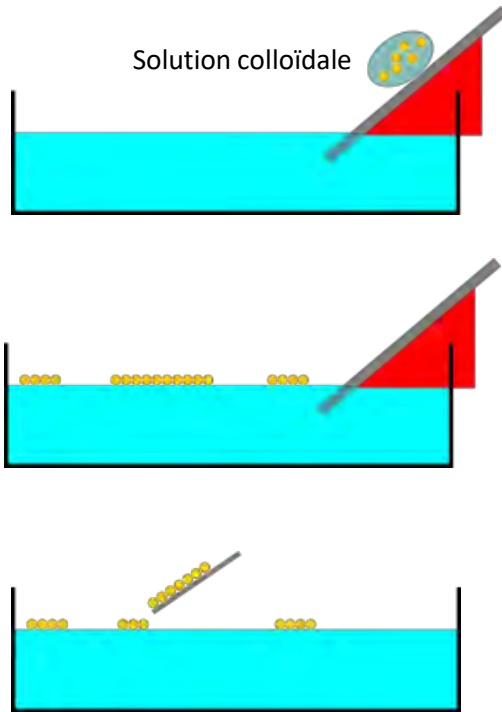
1. Solution colloïdale de particules en PS déposée à l'aide d'une lame à 45°
2. Formation d'une monocouche due à la présence d'un surfactant dans la solution d'eau
3. Immersion du substrat dans la solution
4. Adhésion de la monocouche au substrat grâce à un plasma O₂ pour rendre le PDMS hydrophile



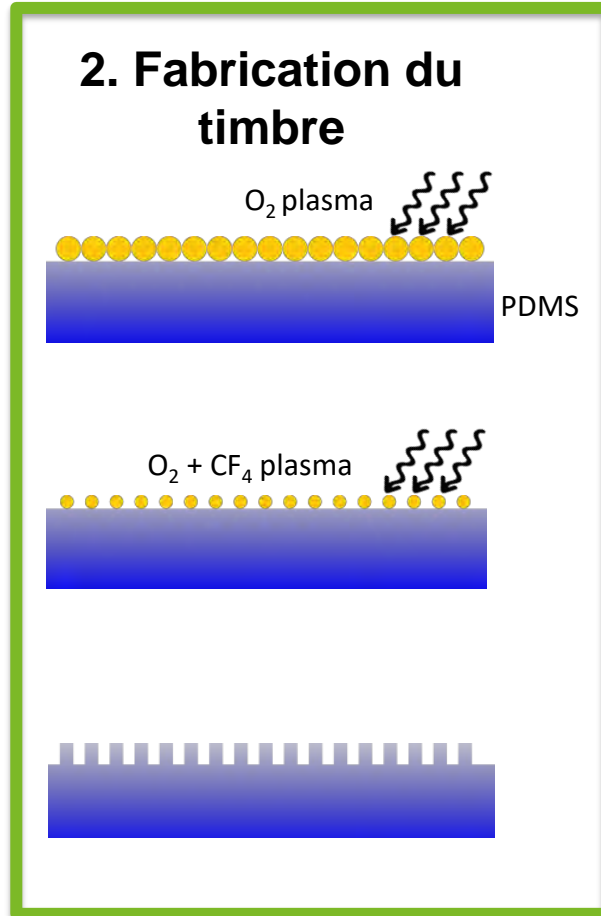
Très facilement désordonnée
Doit être protégé de vibrations et
flux d'air

Le procédé peut être amélioré grâce à
son automatisation pour éliminer les
perturbations amenées par l'utilisateur

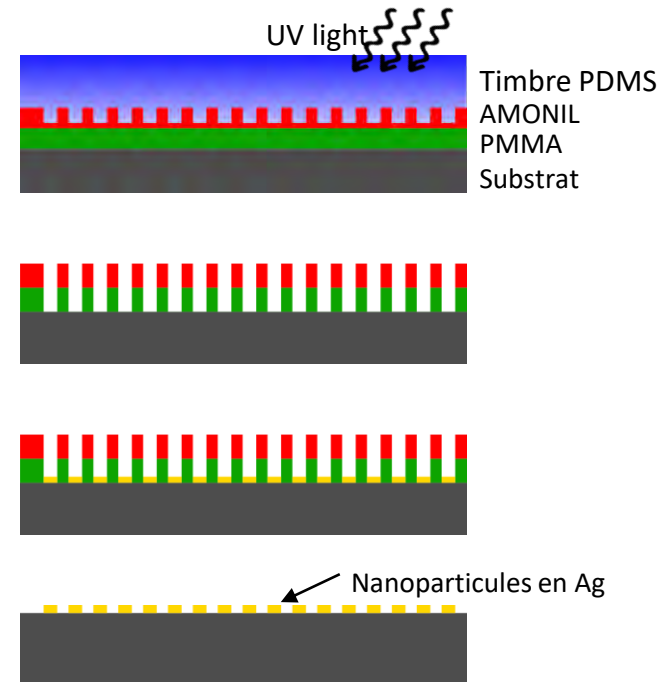
1. Dépôt



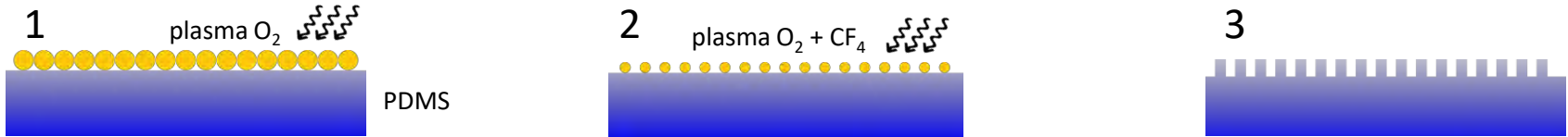
2. Fabrication du timbre



3. Soft UV-NIL

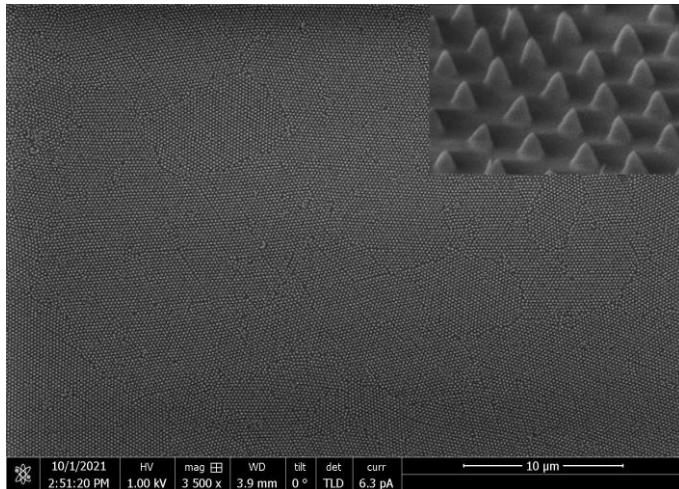


Gravure PDMS avec masque en PS

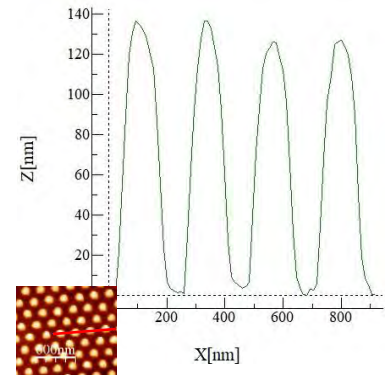
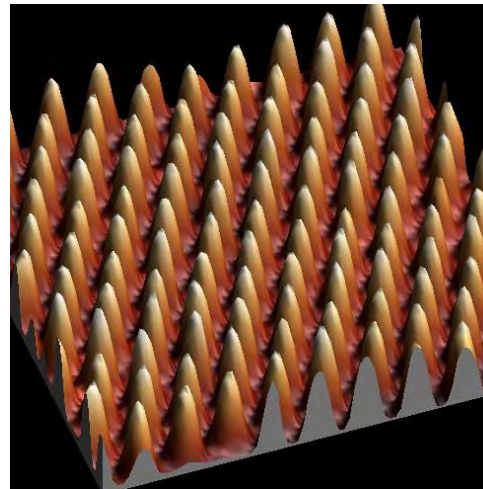


1. Réduction de la taille des particules par plasma O_2
2. Transfert du motif sub-longueur d'onde vers le timbre en PDMS avec une gravure $O_2 + CF_4$
3. Obtention d'un timbre PDMS

MEB



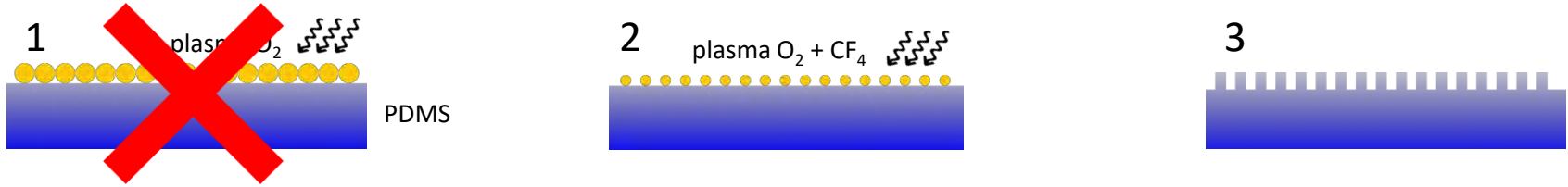
AFM



Transfert du motif
avec une hauteur de
 $\approx 130\text{nm}$

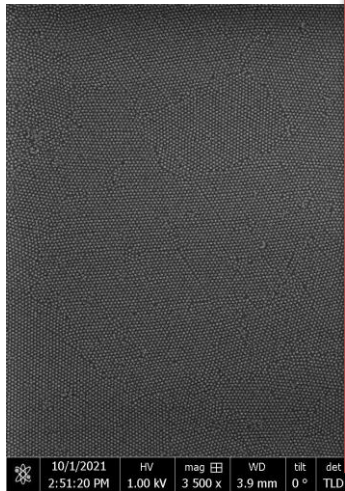
Surface totale de transfert jusqu'à 1cm^2

Gravure PDMS avec masque en PS

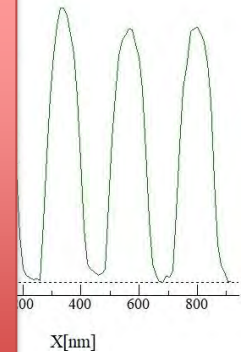


- ~~1.~~ Réduction de la taille des particules par plasma O₂
- 2. Transfert du motif sub-longueur d'onde vers le timbre en PDMS avec une gravure O₂ + CF₄
- 3. Obtention d'un motif sub-longueur d'onde

MEI



Masquage égal ou meilleur sans la réduction de particules



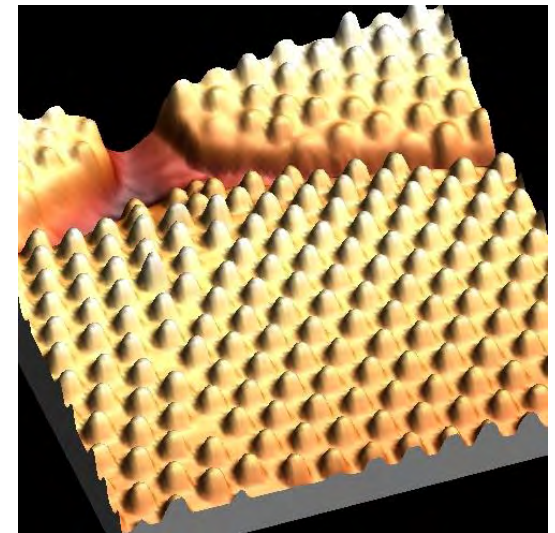
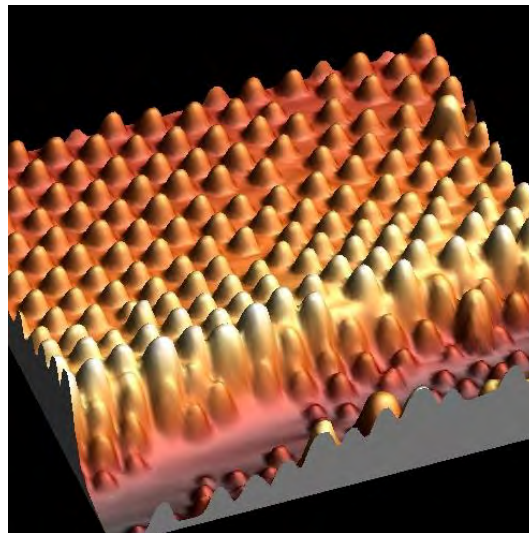
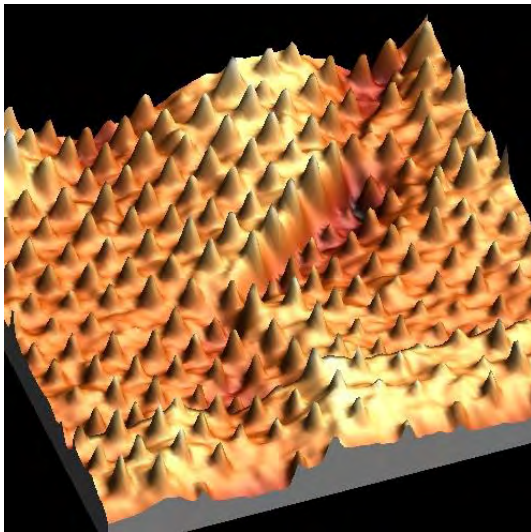
Transfert du motif
avec une hauteur de
≈130nm

Surface totale de transfert jusqu'à 1cm²

Gravure PDMS avec masque en PS

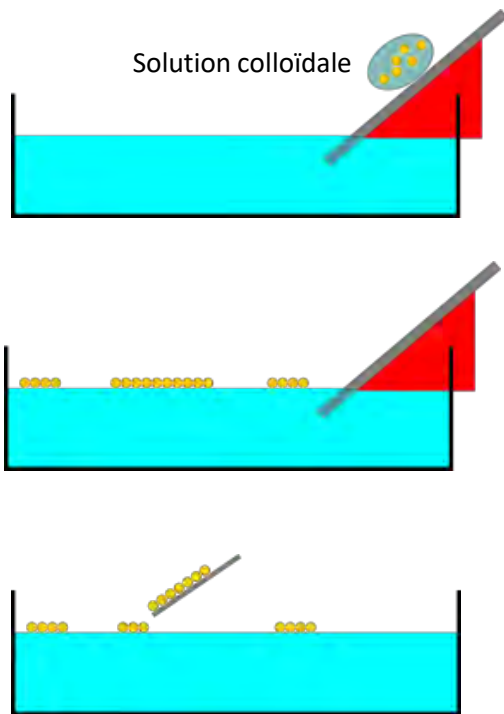


L'échauffement du PDMS pendant les gravures endommage celui-ci

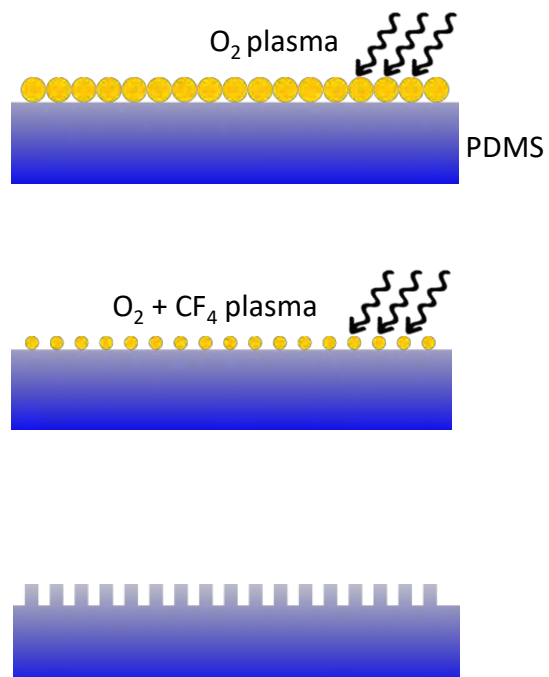


La formation de craquelures et rugosités peut avoir un impact sur la qualité finale de la structure.

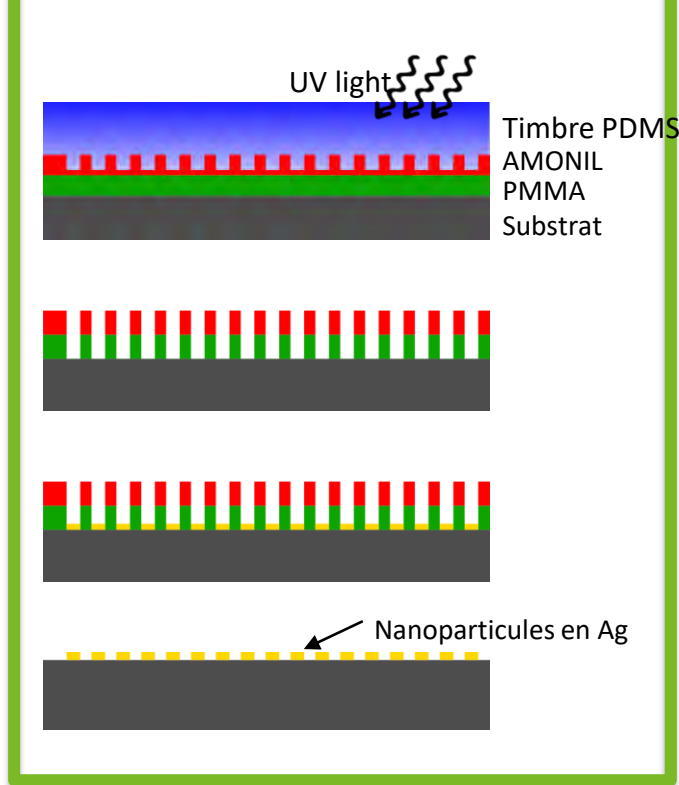
1. Dépôt



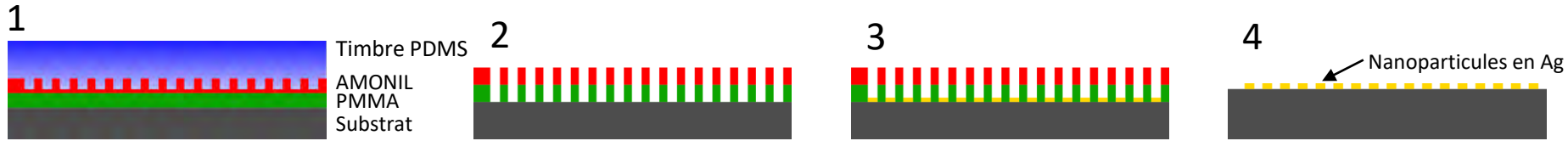
2. Fabrication du timbre



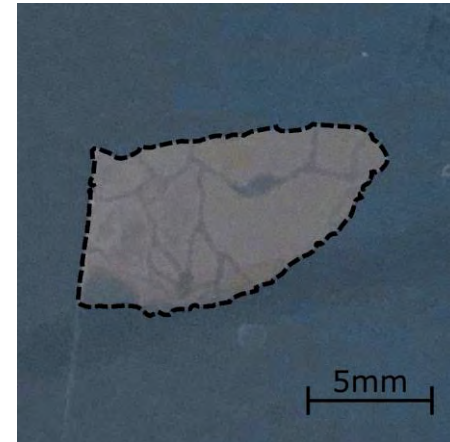
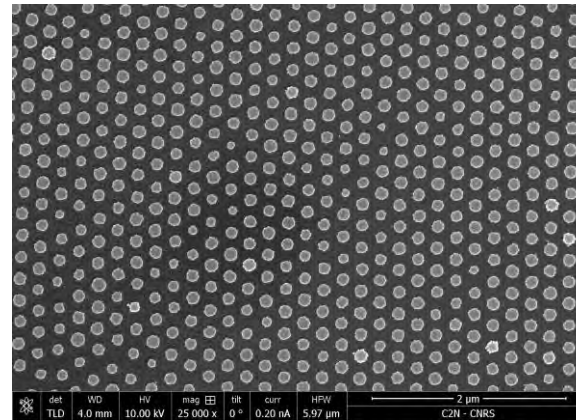
3. Soft UV-NIL



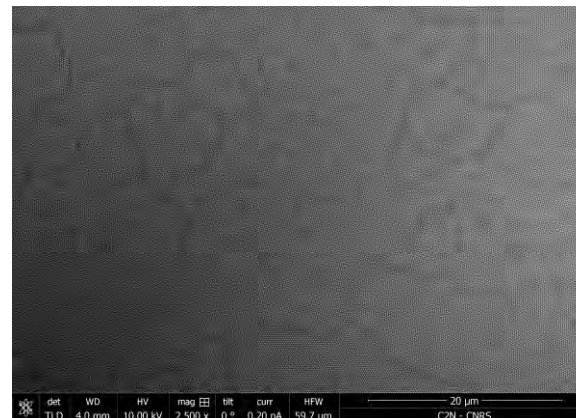
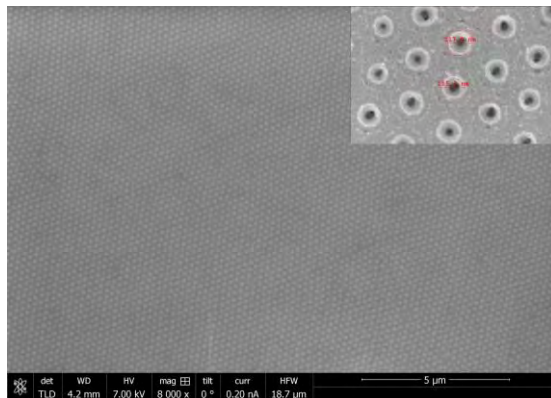
Soft UV-NIL



1. Traitement anti-sticking (perfluorooctyltriéthoxysilane)
2. Transfert du motif vers une couche de résine AMONIL
3. Gravure de l'épaisseur résiduelle de l'AMONIL et de la PMMA
4. Dépôt métallique d'Ag
5. Lift-off



AMONIL après impression



**Structure avec
une surface de
0,67cm²**

Perspectives

- Automatisation du dépôt de particule en PS
- Gravure avec refroidissement de la cathode
- Augmentation des surfaces d'impression ($>1\text{cm}^2$)
- Contrôle de taille avec la gravure de l'AMONIL
- Fabrication de motifs plus complexes avec masquage direct du PDMS par lithographie optique

Remerciements

Serge Ravaine (CRPP) - fourniture des nanoparticules de PS

Frédéric Pommereau (3-5Lab) - réalisation gravures PDMS



**AGENCE
INNOVATION
DÉFENSE**

Travaux de recherche cofinancée par la
DGA/AID



RENATECH
French national nanofabrication network

Faits avec le support du réseau français
de technologie RENATECH

Et à vous de m'avoir écouté

